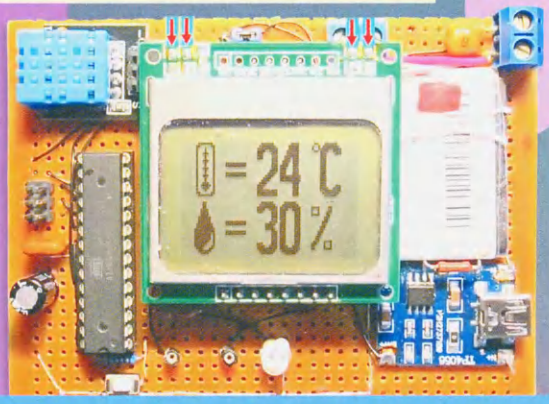
www.radio.ru

12•2024

РАДИО

АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

ДОМАШНИЙ ТЕРМОМЕТР-ГИГРОМЕТР



МАГНИТОФОН-ПРИСТАВКА

ЧАСЫ С ОБРАТНЫМ ОТСЧЁТОМ ВРЕМЕНИ

АВТОНОМНЫЙ АКТИВНЫЙ НЧ-ЩУП

ISSN 0033-765X
24012
9 770033 765009

- *Доработка модулей ЗУ TP4056*
- *Электронный календарь*
- *Коммутация источников питания*
- *Конвертер файлов из Sprint-Layout в Autocad*

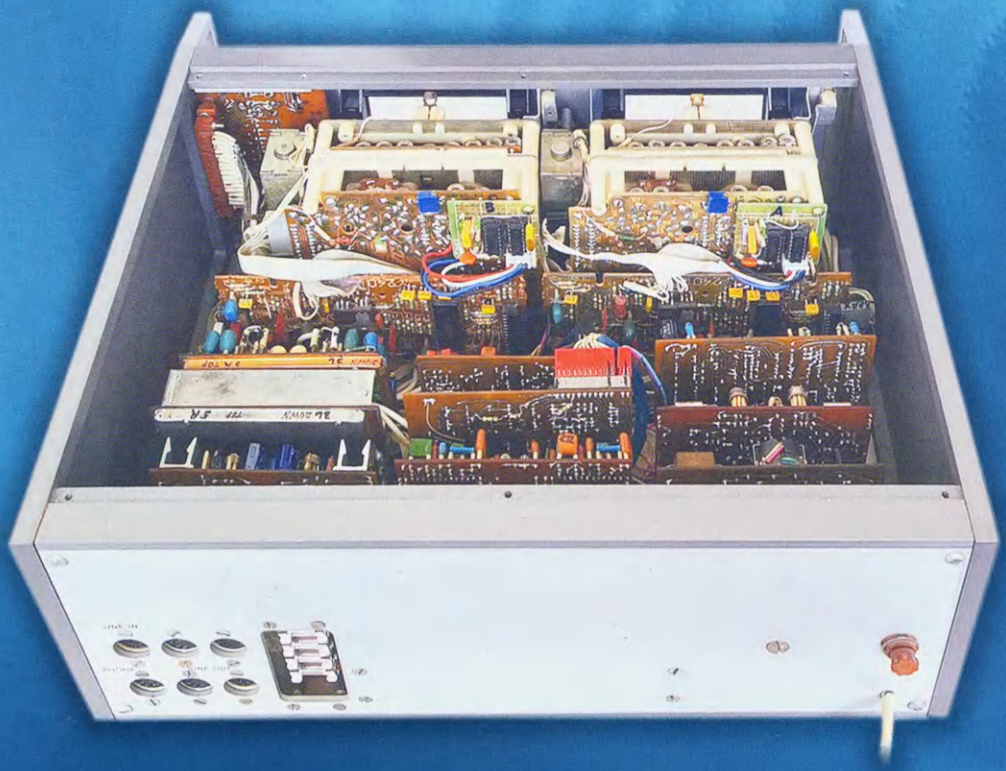
...и ещё 5 конструкций

12
2024

САМОДЕЛЬНЫЙ ДВУХКАССЕТНЫЙ МАГНИТОФОН-ПРИСТАВКА

Э. АДИГАМОВ, г. Ташкент, Узбекистан

(см. статью на с. 28)



Dr.WEB®
Сделано в России

ЗАЩИТИ СОЗДАННОЕ

Dr.Web Security Space
защитит ваш цифровой МИР

Поддерживаемые ОС

Защита от хищений средств

От банковских троянцев, клавиатурных шпионов, хакерских атак во время сессии онлайн-банкинга

Защита от мошенников

От фишинговых и мошеннических сайтов, сайтов с вредоносным ПО

Защита от уязвимостей программ

От эксплойтов, используемых киберпреступниками для проникновений через ошибки в популярных приложениях

Защита данных и информации

От удаления, порчи, шифрования и похищения

Защита от захвата устройства и слежки

Блокировка камеры, микрофона, съемных устройств

Защита детей

Родительский контроль

- ✓ **Dr.Web — в едином реестре отечественного ПО**
- ✓ **Круголосуточная техническая поддержка**
- ✓ **Бонус для покупателей — защита для Android**

Техподдержка компании «Доктор Веб»:
https://support.drweb.ru

Сайты компании «Доктор Веб» в социальных сетях:
https://www.drweb.ru/user/social

Сайты компании «Доктор Веб»:
https://антивирус.рф
https://drweb.ru

© ООО «Доктор Веб», 2021
125040, Россия, Москва, 3-я улица Ямского поля, вл. 2, корп. 12а
Тел.: +7 495 789-45-87 (многоканальный)
факс: +7 495 789-45-97

В НОМЕРЕ:

НАУКА И ТЕХНИКА 4

А. ГОЛЫШКО. Антенные решения 6G . . . 4

РАДИОПРИЁМ 7

В. ШЕПТУХИН. Новости вещания . . . 7

Х. ЛОХНИ. Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 2 . . . 9

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ 24

В. РУБАШКА. Конвертер файлов Sprint-Layout—Autocad . . . 24

ЗВУКОТЕХНИКА 28

Э. АДИГАМОВ. Самодельный двухкассетный магнитофон-приставка . . . 28

ИЗМЕРЕНИЯ 39

И. НЕЧАЕВ. Автономный активный НЧ-щуп для осциллографа . . . 39

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 42

С. СВЕЧИХИН. Домашний термометр-гигрометр с питанием от аккумулятора . . . 42

А. ВИШНЕВСКИЙ. Подключение трёх источников питания к одной нагрузке . . . 44

С. РЫЧИХИН. Часы с обратным отсчётом рабочего времени . . . 46

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ 51

Д. МАМИЧЕВ. "Отрывной" электронный календарь на дисплее e-paper 4.2" . . . 51

И. НЕЧАЕВ. Доработки модулей зарядки на микросхеме TP4056 . . . 53

Р. СЕРГЕЕНКО. Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Lichee" . . . 57

Содержание журнала за 2024 год . . . 60

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ (с. 38, 50).

ДОСКА РЕКЛАМНЫХ ОБЪЯВЛЕНИЙ (с. 1, 3, 4, 38, 46, 3-я с. обложки).

На нашей обложке.

- Самодельный двухкассетный магнитофон-приставка (см. статью на с. 28).
- Автономный активный НЧ-щуп для осциллографа (см. статью на с. 39).
- Домашний термометр-гигрометр с питанием от аккумулятора (см. статью на с. 42).
- Часы с обратным отсчётом рабочего времени (см. статью на с. 46).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

TP4056 ЗАРЯЖАЕТ РАЗНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ
ДРАЙВЕР MOSFET/IGBT ДЛЯ ИИП
БЕСКОНТАКТНЫЙ ЩУП ДЛЯ VNA
ИНДИКАТОР ДВОИЧНОГО КОДА

Тираж журнала «Радио» № 11 сдан для рассылки подписчикам 06.11.2024 г.

22 31
десятилетие науки и технологий
22—25 апреля 2025
СВЯЗЬ
37-я международная выставка «Информационные и коммуникационные технологии»
Экспозиция «Навитех» — «Навигационные системы, технологии и услуги»
www.sviaz-expo.ru
Россия, Москва, ЦВК «ЭКСПОЦЕНТР»
Expo Rating
12+
Реклама
Организатор
ЭКСПОЦЕНТР
Под патронатом
В рамках
Российская неделя высоких технологий
РНВТ

Издаётся с 1924 года

РАДИО®

12•2024

МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

12+

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ:
АНО «РЕДАКЦИЯ ЖУРНАЛА «РАДИО»
Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-82030

Главный редактор В. К. ЧУДНОВ

Редакционная коллегия:
А. В. ГОЛЫШКО, А. Н. КОРОТОНОШКО, К. В. МУСАТОВ, И. А. НЕЧАЕВ (зам. гл. редактора), Л. В. МИХАЛЕВСКИЙ, С. Л. МИШЕНКОВ

Выпускающий редактор: С. Н. ГЛИБИН
Обложка: В. М. МУСИЯКА
Вёрстка: Е. А. ГЕРАСИМОВА
Корректор: Т. А. ВАСИЛЬЕВА

Адрес редакции: 129090, Москва, Протопоповский пер., 25, к. Б
Тел.: (495) 607-31-18.
E-mail: **ref@radio.ru**
Приём статей — e-mail: **mail@radio.ru**
Отдел рекламы — (495) 607-31-18; e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 607-31-18; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-87-39
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — АНО "Редакция журнала "Радио", ИНН 7708187140,
р/сч. 40703810538090108833
Банк получателя — ПАО Сбербанк г. Москва
корр. счёт 30101810400000000225 БИК 044525225

Подписано к печати 22.11.2024 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная.

Подписной индекс:
Официальный каталог ПОЧТА РОССИИ — П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ — 89032.

За содержание рекламного объявления ответственность несёт рекламодатель.

За оригинальность и содержание статьи ответственность несёт автор.

Редакция не несёт ответственности за возможные негативные последствия использования опубликованных материалов, но принимает меры по исключению ошибок и опечаток.

В случае приёма рукописи к публикации редакция ставит об этом в известность автора. При этом редакция получает исключительное право на распространение принятого произведения, включая его публикации в журнале «Радио», на интернет-страницах журнала или иным образом.

Авторское вознаграждение (гонорар) выплачивается в течение двух месяцев после первой публикации в размере, определяемом внутренним справочником тарифов.

По истечении одного года с момента первой публикации автор имеет право опубликовать авторский вариант своего произведения в другом месте без предварительного письменного согласия редакции.

В переписку редакция не вступает. Рукописи не рецензируются и не возвращаются.

© Радио®, 1924—2024. Воспроизведение материалов журнала «Радио», их коммерческое использование в любом виде, полностью или частично, допускается только с письменного разрешения редакции.

Отпечатано в ОАО «Подольская фабрика офсетной печати»
142100, Моск. обл., г. Подольск, Революционный проспект, д. 80/42.
Зак. 03976-24 .

Dr.WEB

Компьютерная сеть редакции журнала «Радио» находится под защитой Dr.Web — антивирусных продуктов российского разработчика средств информационной безопасности — компании «Доктор Веб».

www.drweb.com

Бесплатный номер службы поддержки в России:
8-800-333-79-32

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА — КОМПАНИЯ «РИНЕТ»

RINeT

БЛИЖЕ К ЛЮДЯМ

Телефон:
+7(495)981-4571
E-mail:
info@rinet.ru
Сайт:
www.rinet.ru

Антенные решения 6G

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Вы не должны делать вещи по-другому только потому, что они разные. Они должны быть... лучше".

Илон Маск

Сети мобильной связи шестого поколения (6G) призваны существенно расширить возможности по обмену информацией, о чём уже рассказывалось на страницах журнала. Соответственно технологии, на которых будут основываться сети 6G, будут работать в новых диапазонах радиочастот (речь уже идёт о терагерцах), а приёмопередающее оборудование будет содержать множество инновационных решений. И не в последнюю очередь это касается антенного хозяйства.

Напомним, что сети 6G будут предназначены для передачи "голографии высокой точности", в которой голографическое присутствие позволит удалённым пользователям присутствовать в визуализированном пространстве.

Логичным развитием идеи передачи голографического изображения станет тактильный Интернет, когда различные сенсорные ощущения могут быть объединены с голограммами.

Мобильные граничные вычисления (MEC — Mobile Edge Computing) уже сейчас начинают развёртывание как часть сетей 5G, но эта технология продолжит своё развитие и в сетях 6G. Когда пользователь запрашивает какую-либо услугу, критичную к малой задержке сигнала, вычислительная сеть может направить её на ближайший кластер граничных вычислений. Примеры таких услуг (задач) — рендеринг дополненной (AR)/виртуальной (VR) реальности, автономное вождение и связь голографического типа. Для приложений с интенсивными расчётами и из-за необходимости балансировки нагрузки может быть задействовано множество периферийных вычислительных кластеров, но их вычислительные ресурсы должны быть скоординированы.

Хотя внутричиповые, межчиповые и межплатные коммуникации в настоящее время осуществляются через проводные соединения, эти соединения становятся узким местом, когда скорости передачи данных превышают 100...1000 Гбит/с. По этой причине выдвигаются предложения использовать либо оптические, либо терагерцовые беспроводные соединения для замены проводных в межчиповом взаимодействии. Развитие подобных наносетей — ещё одно перспективное направление для технологии 6G. Важными критериями для таких сетей, помимо скорости передачи данных, являются энергоэффективность (которая должна учитывать требования к возможной обработке на стороне приёмника сигнала), надёжность и задержка сигнала.

В итоге 6G расширит возможности человеческого общения, станет новой формой межмашинного взаимодействия и откроет новое уникальное поколение беспроводных сетей с поддержкой всеобщего интеллекта. Но для всего этого будут нужны соответствующие пропускные способности всех сетевых элементов.

Несмотря на бурную революцию в беспроводных технологиях, радиоинженеры давно приближаются к практиче-

ским пределам эффективности передачи информации. На частотах 5G и 6G длина волны крайне мала по сравнению с размерами зданий, транспортных средств, холмов, деревьев или дождя. Волны большей длины преломляются на таких препятствиях или проходят сквозь них, в то время как сигналы более высокой частоты поглощаются, отражаются или рассеиваются. По сути, на таких частотах можно рассчитывать только на распространение сигнала в пределах прямой видимости.

Возможно, наиболее перспективным решением на данный момент является использование реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей (RIS — Reconfigurable Intelligent Surfaces), выполненных из так называемых метаматериалов (материалов с повторяющейся структурой элементов). RIS, ещё называемые интеллектуальными отражающими поверхностями (IRS — Intelligent Reconfigurable Surfaces) или большими интеллектуальными поверхностями (LIS — Large Intelligent Surfaces), получили значительное развитие со стороны разработчиков и операторов мобильной связи из-за их потенциала для увеличения пропускной способности и расширения зон покрытия за счёт интеллектуальной реконфигурации среды распространения сигналов мобильных сетей связи новых поколений.

Фундаментальными строительными блоками RIS являются метаповерхности (Metasurfaces), которые состоят из крошечных элементов с размерами меньше длины волны (субволнового масштаба), таких как патч-антенны, резонаторы или структуры из метаматериалов. Такие поверхности, иногда называемые умными стенами (smart walls), размещаются на поверхностях помещений или других конструкций. Их размер обычно варьируется от 100 см^2 до примерно 5 м^2 или более, в зависимости от частоты и других факторов. Метаповерхности можно запрограммировать на динамическое внесение изменений в радиоканал, реконфигурируя сигнал в реальном времени (по фазе, амплитуде, поляризации и направлению) в ответ на изменения в беспроводном канале. Можно считать, что это новое поколение повторителей, которое может сыграть большую роль в грядущей интеграции беспроводных наземных и спутниковых сетей.

Прототипы RIS демонстрируют большие перспективы в десятках лабораторий по всему миру. Сегодня сотни исследователей в Европе, Азии и США работают над применением RIS для создания программируемых и интеллектуальных беспроводных сред. Такие поставщики, как Huawei, Ericsson, NEC, Nokia, Samsung и ZTE, работают самостоятельно или в сотрудничестве с университетами. Крупные сетевые операторы, такие как NTT Docomo, Orange, China Mobile, China Telecom и BT, проводят существенные испытания RIS с целью усиления сигналов в самых проблемных диапазонах 5G и 6G.

Согласно определению Европейского института стандартизации электросвязи (ETSI) RIS представляет собой новый тип системного узла, формируемый на основе технологии реконфигурируемой отражающей поверхности, где реакция поверхности на облучение сигнала может быть адаптирована к состоянию среды распространения с помощью управляющих воздействий на неё.

Технология RIS может превратить среду распространения сигнала в услугу, которая позволяет разработать множество новых вариантов использования этой технологии. К этим вариантам относятся улучшение ключевых показателей эффективности сетей мобильной связи для различных видов среды распространения сигнала, таких как покрытие и пропускная способность, а также запуск новых приложений, например, позиционирования и зондирования. Ожидается, что благодаря своим характеристикам RIS станет ключевой технологией в будущих беспроводных системах, включая 5G Advanced и 6G.

RIS рассматривается как новая технология для динамического и целенаправленного управления радиосигналами в пространстве между передатчиком и приёмником мобильной связи 6G, ослабляющая эффект многолучевого замирания. Это послужило основой для создания новых вариантов использования этой технологии, направленных на улучшение различных ключевых показателей производительности системы (KPI) и поддержку новых приложений и возможностей мобильных технологий доступа 5G и 6G. К этим показателям относятся улучшения ёмкости сети, покрытия сети, точности позиционирования, безопасности и устойчивости сети, а также поддержка услуг зондирования, беспроводной передачи энергии и возможностей обратного рассеяния.

Чтобы понять, как RIS улучшает сигнал, рассмотрим электромагнитную среду. Объекты на пути радиосигнала могут блокировать его, и эта проблема становится особенно серьёзной на более высоких частотах 5G, таких как диапазоны субмиллиметровых и миллиметровых волн от 24,25 ГГц до 52,6 ГГц. И будет только хуже, если коммуникационные компании продолжат реализацию планов по использованию субтерагерцового диапазона между 90 ГГц и 300 ГГц в сетях 6G. В сетях 4G и аналогичных низкочастотных диапазонах отражения от поверхностей могут фактически усилить принимаемый сигнал, так как отражённые сигналы объединяются. Однако при движении вверх по частоте подобные эффекты многолучёвости становятся намного слабее или полностью исчезают. К тому же поверхности, которые кажутся "гладкими" для более длинноволнового сигнала, являются относительно "шероховатыми" для сигнала более коротковолнового. И вместо того, чтобы отражаться от такой поверхности, сигнал просто рассеивается.

Конечно, можно поставить ещё больше базовых станций, что, конечно, увеличит затраты. Однако, если отвлечься от затрат, умножать число базовых станций до бесконечности нельзя, ведь увеличение требуемого отношения сигнал/шум может угробить качество. Повторители или ретрансляторы также могут улучшить покрытие, но и здесь затраты могут быть непомерно высокими. С другой стороны, RIS обещает существенно лучшее покрытие при чуть более высокой стоимости. К тому же при неактивном RIS (без усилителей) этот узел может питаться только от батареи и небольшой солнечной панели, что будет выгодно при построении Интернета вещей.

Реконфигурируемые интеллектуальные поверхности работают по принципу манипулирования волновым фронтом, который включает в себя изменение фазы, амплитуды и поляризации электромагнитных волн при их взаимодействии с поверхностью.

RIS функционирует как очень сложное зеркало, ориентацию и кривизну которого можно регулировать, чтобы сфокусировать и перенаправить сигнал в определённом направлении. Но вместо того, чтобы физически перемещать или изменять форму зеркала, электронным образом изменяется его поверхность, чтобы, к примеру, изменить фазу входящей электромагнитной волны. Изменяя фазу электромагнитных волн, RIS может регулировать направление распространения волн. Это обеспечивает точное формирование луча в выбранном направлении (Beamforming) и управление лучом, позволяя поверхности фокусировать сигналы на предполагаемый приёмник или подавлять сигналы (либо помехи) от нежелательных источников. Собственно, эта технология полностью аналогична технологии работы фазированной антенной решётки.

Элементы метаповерхности RIS способны независимо друг от друга управлять отражением, преломлением или поглощением входящих электромагнитных волн (конечно, с помощью внешних воздействий). Управляя этими параметрами с большой точностью, поверхность может перенаправлять или концентрировать волны в определённых направлениях или изменять их свойства в соответствии с целями связи или восприятия передаваемого контента.

Основное преимущество технологии RIS заключается в её адаптируемости. RIS может реагировать на изменения в беспроводной среде и требований к системе связи в режиме реального времени. Алгоритмы управления непрерывно анализируют входящие сигналы и соответствующим образом корректируют элементы метаповерхности, оптимизируя мощность, качество и покрытие сигнала.

Типовой узел RIS состоит из сотен или тысяч элементов метаматериала — элементарных ячеек. Каждая ячейка состоит из металлических и диэлектрических слоёв, а также одного или нескольких переключателей или других

настраиваемых компонентов. Типовая структура включает верхнюю металлическую накладку с переключателями, смещающий слой и металлический заземляющий слой, разделённые диэлектрическими подложками. Управляя смещением — напряжением между металлической накладкой и "землёй", вы можете включать и выключать каждую элементарную ячейку и, таким образом, контролировать, как каждая ячейка изменяет фазу и другие характеристики падающей волны. В результате волны интерферируют друг с другом.

Чтобы управлять направлением большей волны, отражающейся от всего RIS, все элементарные ячейки синхронизируются, чтобы создать модели конструктивной и деструктивной интерференции в больших отражённых волнах. Эта интерференционная картина преобразует падающий луч и направляет его в определённом направлении.

У RIS есть и другие полезные функции. В частности, даже без наличия усилителя RIS удаётся обеспечить значительное усиление — от 30 дБи до 40 дБи (относительно изотропного) в зависимости от размера поверхности и частоты. Коэффициент усиления антенны пропорционален площади её апертуры. Поскольку RIS имеет эквивалент многих антенных элементов, покрывающих большую площадь апертуры, она имеет более высокий коэффициент усиления по сравнению с обычной антенной.

Все многочисленные элементарные ячейки в RIS управляются логическим чипом, таким как программируемая пользователем вентильная матрица с микроконтроллером, который также хранит множество последовательностей кодирования, необходимых для динамической настройки RIS. Контроллер даёт соответствующие инструкции отдельным элементарным ячейкам, устанавливая их состояние. Наиболее распространённой схемой кодирования является простое двоичное кодирование, при котором контроллер включает и выключает переключатели каждой элементарной ячейки. Переключатели с элементарной ячейкой обычно представляют собой полупроводниковые устройства, такие как pin-диоды или полевые транзисторы.

Важными факторами в RIS являются потребляемая мощность, скорость и гибкость, при этом узел управления обычно является одной из самых энергоёмких её частей. Достаточно эффективные на сегодня варианты реализации RIS потребляют от нескольких до дюжины ватт в состоянии переключения при реконфигурации. В состоянии простоя значительно меньше.

Способность RIS динамически реконфигурироваться в зависимости от требований в реальном масштабе времени стала возможной благодаря программно-определяемому управлению (Software-Defined Control). Сложные алгоритмы и методы искусственного интеллекта используются для регулировки фазы и амплитуды отдельных элементов метаповерхности для изменения поведения электромагнитных волн.

RIS могут сыграть ключевую роль в формировании будущего беспроводных сетей 6G, создавая то, что часто называют "умной радиосредой" (SRE — Smart Radio Environment). Концепция SRE предполагает преобразование пространства распространения в системах беспроводной связи в интеллектуальную и адаптивную среду. Эта среда может динамически оптимизировать характеристики беспроводного распространения для повышения производительности связи, покрытия, энергоэффективности и безопасности. Ожидается, что в сети 6G будут возможны гораздо более широкие сценарии использования, которые требуют беспрецедентного уровня управляемости средой передачи электромагнитных волн и адаптивности такого управления. RIS могут способствовать удовлетворению этих требований за счёт динамической настройки среды беспроводного распространения в соответствии с потребностями конкретных приложений, устройств или пользователей.

Инженеры могут определить лучшие позиции RIS, запланировав их при проектировании базовой станции. Это можно сделать и позже, выявив на карте покрытия области со слабым сигналом. Что касается размера поверхностей, это будет зависеть от частот (чем меньше частота, тем больше поверхность), а также от числа развёртываемых поверхностей.

Чтобы развернуть узлы RIS в реальной сети, необходимо определить: сколько потребуется узлов RIS, где они должны быть размещены и насколько большими должны быть поверхности. Однако планирование и установка узлов RIS — это только часть задачи. Чтобы узел RIS работал оптимально, он должен иметь конфигурацию, момент за моментом, соответствующую состоянию канала связи в момент использования узла. Наилучшая конфигурация требует точной и мгновенной оценки канала. Технические специалисты могут получить такую оценку, измерив импульсную характеристику канала (она позволяет определить связь входного и выходного сигналов и их спектров соответственно) между базовой станцией, RIS и пользователями.

Термин активный RIS используется, когда в поверхность встроены энергопотребляющие отражающие элементы RIS, включающие усилители и последовательные блоки обработки, изменяющие фазу отражаемых сигналов. С другой стороны, активные системы RIS представляют собой естественную эволюцию антенных систем Massive MIMO (метод пространственно-временной селекции сигналов), посредством размещения всё большего и большего числа управляемых программным обеспечением антенных элементов на двумерной (2D) поверхности конечного размера.

Реконфигурируемые интеллектуальные поверхности могут значительно повысить производительность систем беспроводной связи, расширяя зону покрытия и повышая скорость передачи данных в сложных условиях и, главное, снижая относительную мощность электромагнитного излучения, прежде всего, в таких местах, как высотная городская застройка, здания и туннели. RIS может повысить производительность систем беспроводной связи, улучшая удельную мощность сигнала и уменьшая помехи в средах с препятствиями или блокировкой сигнала.

В помещениях реконфигурируемые интеллектуальные поверхности могут обеспечить единообразное и высококачественное беспроводное соединение, устраняя мёртвые зоны и повышая производительность устройств Wi-Fi и IoT.

RIS можно использовать для создания контролируемых зон связи, повышая безопасность и конфиденциальность беспроводных сетей за счёт ограничения распространения сигналов определёнными областями.

Оптимизируя пути прохождения сигналов и снижая потребность в высокой мощности передачи, RIS может способствовать созданию энергоэффективных беспроводных сетей.

Индустрия связи уже рекламирует зондирование, т. е. услуги высокоточной локализации, а также обнаружение объектов и распознавание положения как важную возможную функцию для сетей 6G. Высокоточная локализация пользователей способствует развитию эффективного управления беспроводными лучами. Зондирование также может быть предложено в качестве новой сетевой услуги для вертикальных отраслей, таких как умные фабрики и автономное вождение, где обнаружение людей или автомобилей можно использовать для картирования окружающей среды. Подобная возможность может быть использована для мониторинга в системах домашней безопасности. Большая апертура узлов RIS и, как следствие, высокое разрешение означают, что такие приложения будут не только возможны, но, возможно, даже рентабельны.

Кстати, RIS может обеспечить интеграцию спутников в сети 6G, уменьшая задержку и увеличивая скорость передачи данных для спутниковых услуг. Как правило, спутник потребляет много энергии и имеет большие антенны, чтобы компенсировать потери при распространении на большие расстояния, а также весьма скромные возможности мобильных устройств, расположенных на поверхности планеты. RIS может сыграть большую роль в минимизации этих ограничений и, возможно, даже в обеспечении прямой связи со спутника с пользователями 6G, к примеру, с теми, кто находится в помещении.

Хотя технология RIS обещает революционизировать беспроводную связь, для её широкого внедрения необходимо решить ряд проблем. Кроме того, учитывая потенциал RIS, важно изучить будущие направления и области развития в области RIS-технологий.

Читатели, приславшие в редакцию любые пять из шести купонов за полугодие, смогут претендовать на один из призов.
Декабрь 2024 год

Одной из основных проблем технологии RIS является её стоимость. Разработка и развёртывание систем RIS могут быть дорогостоящими, особенно если учесть большое число отдельных элементов, необходимых для эффективного манипулирования волнами. Снижение затрат на производство и внедрение реконфигурируемых интеллектуальных поверхностей будут иметь решающее значение для того, чтобы сделать эту технологию более доступной и практичной для широкого спектра применений.

Реализация технологии RIS предполагает использование сложных алгоритмов и систем управления. Сложность управления огромным числом отдельных элементов и оптимизация их поведения в режиме реального времени могут создать проблемы для интеграции в существующие беспроводные сети. Упрощение пользовательского интерфейса и механизмов контроля будет иметь важное значение для обеспечения эффективного развёртывания и управления RIS.

Будучи относительно новой и инновационной технологией, RIS может столкнуться с проблемами регулирования. Необходимо будет решить вопросы, связанные с использованием радиоспектра, лицензированием и стандартами безопасности, чтобы обеспечить соблюдение существующих правил и избежать помех другим беспроводным системам. Сотрудничество между заинтересованными сторонами отрасли и регулирующими органами будет необходимо для разработки чётких руководящих принципов внедрения RIS.

Обеспечение беспрепятственной интеграции систем RIS с существующей беспроводной инфраструктурой имеет решающее значение. Совместимость с различными протоколами связи и устройствами будет иметь важное значение для максимизации преимуществ RIS в реальных приложениях. Для облегчения взаимодействия должны быть разработаны отраслевые стандарты и протоколы для интеграции RIS.

Динамический характер RIS, который позволяет манипулировать электромагнитными волнами, создаёт потенциальные проблемы безопасности и конфиденциальности. Могут существовать уязвимости, связанные с перехватом сигнала, манипулированием или несанкционированным доступом. Для защиты сетей и данных с поддержкой RIS необходимо внедрить надёжные меры безопасности и протоколы шифрования.

Чтобы RIS была эффективной в крупномасштабных развёртываниях, таких как "умные" города или обширные внутренние помещения, она должна демонстрировать масштабируемость. Решающее значение будет иметь обеспечение того, чтобы системы RIS могли эффективно охватывать большие территории без ущерба для производительности.

Подводя итог, можно сказать, что реконфигурируемые интеллектуальные поверхности способны произвести революцию в беспроводной связи за счёт интеллектуального управления электромагнитными волнами и средой их распространения. Благодаря своей способности адаптировать и оптимизировать беспроводную среду технология RIS обещает значительно улучшить производительность и надёжность беспроводных сетей в широком спектре приложений.

По материалам

https://www.lastmile.su/journal/article/9727?ysclid=m0fco0q6gm916308548,
https://spectrum.ieee.org/metamaterials-could-solve-one-of-6gs-big-problems,
https://shalaginov.com/2024/04/23/ris-overview/,
https://dzen.ru/a/ZizgwHGX_QV6ecbY?ysclid=m0gdzji9h8135858086

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ШЕПТУХИН (R5GF), г. Липецк

РОССИЯ

АРХАНГЕЛЬСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Детское радио" начала вещание в Архангельске на частоте 99,9 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/39100** (23.10.24)).

АСТРАХАНСКАЯ ОБЛ. В Астрахани начала вещание радиостанция "Радио Гордость". Частота вещания — 87,5 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radio_gordost?w=wall-222950544_13188** (23.10.24)).

БЕЛГОРОДСКАЯ ОБЛ. В Белгороде начали вещание две новые радиостанции. На частоте 102,7 МГц вещает радиостанция "Радио Ваня", а на частоте 106,3 МГц — Радио Monte Carlo (источник — URL: **https://vk.com/wall-83427404_27295** (23.10.24)).

В Старом Осколе на частоте 107,9 МГц началось вещание радиостанции "Радио Ваня" (источник — URL: **https://vk.com/radio.tv_31?w=wall-83427404_27297** (23.10.24)).

Примечание. *Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

ВОЛОГОДСКАЯ ОБЛ. 16 сентября 2024 г. филиал РТРС Вологодский ОРТПЦ начал трансляцию радиостанции Like FM в Вологде на частоте 96,8 МГц. Радиус зоны уверенного приёма сигнала радиостанции — 50 км. Передатчик имеет мощность 1 кВт (источник — URL: **https://vologda.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-translyatsiyu-radio-layk-fm-v-vologde/** (23.10.24)).

ВОЛГОГРАДСКАЯ ОБЛ. Радиостанция DFM начала вещание в Урюпинске. Частота вещания — 88,4 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24138** (23.10.24)).

ИВАНОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция Comedy Radio начала своё вещание в Иваново на частоте 98,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/comedy_radio_ivanovo?w=wall-135410281_429** (23.10.24)).

ИНГУШЕТИЯ. 28 сентября 2024 г. на территории Республики Ингушетии стартовало вещание двух новых для региона федеральных радиостанций — "Радио Шансон" и "Радио Дача". Радиостанция "Радио Шансон" будет транслироваться в регионе на частоте 96,5 МГц, а радиостанция "Радио Дача" — на частоте 92,2 МГц. В зоне уверенного приёма радиостанций на этих частотах будут находиться города Ингушетии и близлежащих регионов: Магас, Владикавказ, Грозный, Назрань, Карабулак, Сунжа и Беслан. Оборудование для передачи сигнала и планы по установке дополнительных ретрансляторов позволяют рассчитывать на возможность приёма радиостанций на территории всей республики и за её пределами. Старт вещания радиостанций приурочен к празднованию 100-летия со дня образования ингушской государственности (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/13014.htm** (23.10.24)).

КАЛУЖСКАЯ ОБЛ. В Калуге на частоте 99,3 МГц началось вещание радиостанции "Радио Гордость" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24049** (23.10.24)).

26 сентября 2024 г. к сети городов вещания "Радио Шансон" присоединился г. Обнинск. Частота вещания — 91 МГц (источник — URL: **https://vk.com/wall-213136664_1913** (23.10.24)).

1 октября 2024 г. в г. Обнинске стартовало вещание радиостанции "Хит FM". Частота вещания — 91,4 МГц (источник — URL: **https://rmg.ru/publications/radio-hit-fm-zazvuchalo-v-obninske** (23.10.24)).

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

КАМЧАТСКИЙ КРАЙ. Единственная радиостанция со 100 % местным эфиром — "Радио Камчатка" снова вещает в Карагинском и Тигильском районах.

В настоящий момент вещание осуществляется в следующих районах Камчатского края: в Петропавловске и Елизовском районе радиостанция вещает на частоте 105,5 МГц, в Быстринском и Мильковском районах — на частоте 103 МГц, в Оссоре — на частоте 102,7 МГц, в Усть-Камчатке — на частоте 102,5 МГц, в Палане — на частоте 102 МГц, в Усть-Большерецке — на частоте 100,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/radiokam?w=wall-16559530_24664** (23.10.24)).

КОМИ. 1 октября 2024 г. на частоте 91,4 МГц в Ухте начала вещание радиостанция "Первое интернациональное радио ПИ FM" (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90112/** (23.10.24)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. Радио "Кавказ Хит" вернулось в эфир Туапсе на новой частоте 89,4 МГц. Ранее радиостанция вещала на частоте 97,9 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24077** (23.10.24)).

КРАСНОЯРСКИЙ КРАЙ. 10 октября 2024 г. филиал РТРС Красноярский КРТПЦ начал УКВ-трансляцию радиостанции "Радио Sputnik" в Красноярске на частоте 99,9 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **https://krasnoyarsk.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/10-oktyabrya-filial-rtrs-krasnoyarskiy-krtpts-nachal-translyatsiyu-radioprogrammy-sputnik-v-krasnoya/** (23.10.24)).

КРЫМ. В Феодосии с 23 сентября 2024 г. на частоте 97,9 МГц началось вещание радиостанции DFM. Мощность передатчика — 100 Вт (источник — URL: **https://rmg.ru/news/radio-dfm-zazvuchalo-v-feodosii** (23.10.24)).

КУРГАНСКАЯ ОБЛ. 17 сентября 2024 г. в Кургане начала вещание радиостанция Comedy Radio на частоте 92,3 МГц (источник — URL: **https://vk.com/kuradiotv?w=wall-19704386_2982%2Fall** (23.10.24)).

МОСКОВСКАЯ ОБЛ. С 19 сентября 2024 г. в Дубне начала своё вещание радиостанция "Родники". Частота вещания — 90 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24111** (23.10.24)).

МУРМАНСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио Гордость" с 26 сентября 2024 г. начала своё вещание в Мурманске на частоте 100,6 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24094** (23.10.24)).

НИЖЕГОРОДСКАЯ ОБЛ. 19 сентября 2024 г. в Нижнем Новгороде на частоте 90,8 МГц началось вещание радиостанции "Радио Sputnik" (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24067** (23.10.24)).

НОВГОРОДСКАЯ ОБЛ. В Великом Новгороде с 4 октября 2024 г. запущено вещание радиостанции "Хит FM". Вещание осуществляется с ОРТПЦ. Частота вещания — 88,1 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24125** (23.10.24)).

ОРЛОВСКАЯ ОБЛ. Радиостанция "Радио Открытие" с 1 октября 2024 г. приостановила трансляцию в Орле на частоте 107,4 МГц до урегулирования вопроса вещания. При этом трансляция в городах Ливны на частоте 90,8 МГц и Мценске на частоте 102 МГц продолжается в обычном режиме (источник — URL: **https://vk.com/wall-19037431_347** (23.10.24)).

ПЕРМСКИЙ КРАЙ. В г. Оса с 3 сентября 2024 г. произошла замена радиостанций на частоте 102,5 МГц. Вместо "Нового Радио" начала вещание радиостанция "Ретро ФМ" (источник — URL: **https://forum.vcfm.ru/viewtopic.php?f=2&t=63&sid=c1544a3e424dd9d414f3280580ae22d8&start=810** (23.10.24)).

САМАРСКАЯ ОБЛ. 15 сентября 2024 г. филиал РТРС Самарский ОРТПЦ начал УКВ-трансляцию музыкально-патриотической радиостанции "Радио Гордость" в Жигулёвске на частоте 100,5 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт. В зону уверенного приёма также попадают Тольятти и близлежащие населённые пункты. Вещание ведётся в круглосуточном режиме (источник — URL: **https://samara.rtrs.ru/tv/radioveshchanie/rtrs-nachal-fm-translyatsiyu-radio-gordost-v-zhigulevske/** (23.10.24)).

САХА (ЯКУТИЯ). 11 октября 2024 г. в Якутске на частоте 99,7 МГц началось вещание радиостанции "Детское радио". Мощность передатчика — 1 кВт (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID__90220/** (23.10.24)).

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. С 1 октября 2024 г. на частоте 94,5 МГц в Санкт-Петербурге началось вещание радиостанции Relax FM. Вещание осуществляется с ЛРТПЦ, мощность передающего оборудования — 5 кВт (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24100** (23.10.24)).

С 10 октября 2024 г. радиостанция "Радио Мария" вернулось на средние волны. Частота вещания — 1053 кГц. Мощность передатчика — 10 кВт (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24154** (23.10.24)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. В Невьянске начало вещание "Дорожное радио" на частоте 94 МГц (источник — URL: **https://vk.com/ekbradiotv?w=wall-20890825_31281%2Fall** (23.10.24)).

20 сентября 2024 г. в Кушве на частоте 93,8 МГц начала вещание радиостанция "Радио Благодать ФМ". В зоне уверенного приёма также Красноуральск, Верхняя Тура, Баранчинский и многие малые населённые пункты (источник — URL: **https://vk.com/ekbradiotv?w=wall-20890825_31318%2Fall** (23.10.24)).

СТАВРОПОЛЬСКИЙ КРАЙ. В станице Галюгаевской с 25 сентября 2024 г. началось вещание православной радиостанции "Радио Вера" на частоте 89,8 МГц (источник — URL: **https://vk.com/vcfm2014?w=wall-62613163_24093** (23.10.24)).

ТУЛЬСКАЯ ОБЛ. 1 октября 2024 г. началось вещание радиостанции "Авторадио" в г. Алексине. Частота вещания — 95,3 МГц, мощность передатчика — 100 Вт. Вещание осуществляется в круглосуточном режиме (источник — URL: **https://www.gpmradio.ru/news-page/uid/39106** (23.10.24)).

ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ. Радиостанция "Радио Гордость" с 10 октября 2024 г. запустила вещание в Хабаровске на частоте 105,2 МГц. Вещание осуществляется Дальневосточным региональным центром РТРС совместно с ООО "Дом музыки" (источник — URL: **https://solnechniy.bezformata.com/listnews/radio-gordost-teper-v-habarovske/137583803/** (23.10.24)).

ЗАРУБЕЖНОЕ ВЕЩАНИЕ

ГИБРАЛТАР (Британская заморская территория). Вещательная организация Гибралтара (GBC) расширяет возможности радио Radio Gibraltar Plus новыми программами. Представлено обновлённое осенне-зимнее расписание, призванное предложить разнообразные впечатления от прослушивания радиостанции. С понедельника по четверг с 19 ч музыка 70-х, 80-х и 90-х плюс три часа классической музыки. Шоу на испанском языке переносится с 14.00 по будням на 19.00 в сервисе Plus, что делает его двуязычный контент более доступным (источник — URL: **www.gbc.gi/news/gbc-announces-new-and-stronger-tv-and-radio-schedule** (23.10.24)).

ИСЛАНДИЯ. В конце февраля 2023 г. замолчала длинноволновая частота 207 кГц, передачи на которой велись из Эйдара с мачты высотой 218 м, которая затем была демонтирована. Вторую частоту 189 кГц (Гуфускалар, мачта высотой 412 м) планировалось отключить в конце 2024 г., однако это уже произошло. Функции оповещения в случае чрезвычайных ситуаций теперь выполняет сеть УКВ-передатчиков. На всех крупных УКВ-передатчиках установлены системы резервного питания, а на небольших — батареи или портативные системы. Мачта длинноволнового передатчика в Гуфускаларе — самое высокое сооружение в Исландии. Она была построена в 1963 г. для британской и американской системы позиционирования LORAN-C, а в 1997 г. её занял длинноволновый передатчик RÚV (источник — URL: **https://mediumwave.info/2024/10/18/iceland-38/** (23.10.24)).

ЛАТВИЯ. В Даугавпилсе и Лиепае будут созданы региональные студии Латвийского радио и телевидения. Об этом сообщают латвийские СМИ. Председатель Совета общественных электронных СМИ (SEPLP) Янис Сиксныс сообщил, что объединённые общественные СМИ планируют открыть студию в Даугавпилсе в следующем году, а в Лиепае — в 2027 г. Студия Латвийского радио, расположенная сейчас в Резекне, останется в распоряжении общественных СМИ. Новая студия в Даугавпилсе будет мультимедийной, позволяя вести вещание как радио, так и телевидению. В целом, в 2025 г. объединённые общественные СМИ получат 70,35 млн евро, в 2026 г. —

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

61,65 млн, а в 2027 и 2028 гг. — по 61,41 млн. В апреле 2024 г. начался процесс объединения Латвийского радио и Латвийского телевидения, которые с 1 января 2025 г. будут функционировать как VSIA Latvijas Sabiedriskais medijs (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_90194/** (23.10.24)).

ПРИДНЕСТРОВЬЕ. С 1 октября 2024 г. отменены все трансляции "Трансмирового Радио" (TWR) с передатчиков Приднестровского Радиотелецентра (частоты вещания — 621 кГц и 1548 кГц).

Также с 1 октября 2024 г. вводится новое расписание для ретрансляции российских радиостанций:

— частота 999 кГц — радиостанция "Радио России" с 16.00 до 20.30;

— частота 1413 кГц — радиостанция "Вести ФМ" с 03.00 до 21.00.

(источник — URL: **https://vk.com/wall-164967379_1595** (23.10.24)).

США. В новом зимнем сезоне А-25 с 27 октября 2024 г. "Всемирное Радио Адвентистов" — AWR будет вещать на коротких волнах только с острова Гуам (радиостанция KSDA). КВ-трансляции AWR через Австрию, Германию, Мадагаскар, Таджикистан, Тайвань, Узбекистан и Шри-Ланку прекращаются (источник — URL: **https://awr.org/wp-content/uploads/2024/03/A24-AWR-Public-Broadcast-Schedule.pdf** (23.10.24)).

ЭСТОНИЯ. В последнее время всё чаще можно услышать, что искусственный интеллект (ИИ) в будущем сможет заменить ведущих на радиостанциях. Эстонское "Радио 4" осуществило в эфире новаторский эксперимент. В новом выпуске музыкальной передачи ведущий протестировал возможности ИИ в радиоэфире с применением системы ChatGPT — чат-бота с генеративным ИИ, разработанным компанией OpenAI и способным работать в диалоговом режиме, поддерживающим запросы на естественных языках. В новом выпуске программы ведущий решил протестировать ИИ и узнать, сможет ли он заменить живого человека и взять на себя управление программой. Есть мнение, что в последнее время всё чаще можно услышать, что ИИ в будущем сможет заменить ведущих на радио (источник — URL: **https://onair.ru/main/enews/view_msg/NMID_90217/** (23.10.24)).

ЮЖНАЯ КОРЕЯ. С 27 октября 2027 г. Всемирное радио KBS на русском языке переходит на зимнее расписание вещания, и передача будет выходить в эфир ежедневно с 12.00 до 13.00 на частоте 1170 кГц, с 13.00 до 14.00 — на частоте 9645 кГц и с 18.00 до 19.00 — на частоте 6040 кГц (источник — URL: **https://world.kbs.co.kr/service/program_segments_view.htm?lang=r&procode=one&bbs=othc_letter&no=46851** (23.10.24)).

Хорошего приёма и 73!

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг.

Часть 2

ХАЙО ЛОХНИ, Германия/Россия, г. Гай Оренбургской обл.

Во второй части серии статей о компонентах для ремонта и восстановления старых радиоприёмников приведены сведения о вторичных параметрах катушек индуктивности. Эти параметры иногда не менее важны, чем сама индуктивность. Обсуждаются конкретные изделия, доступные на прилавках и в донорской аппаратуре. Редко можно применить катушки индуктивности в исходном варианте, почти всегда придётся их переделать. Для этого предоставлены примеры и методы, проверенные автором за многие годы.

1. Общие сведения

Во второй части продолжается рассмотрение катушек индуктивности (КИ) и катушек переменной индуктивности (КПИ), доступных в наше время. При анализе провальных радиотехнических проектов часто выясняется, что главные ошибки были допущены в части КИ и КПИ. При этом старательный радиолюбитель из лучших намерений повторял конструкцию из публикации, в чём-то зря перестарался или неправильно оценил важность применения конкретного материала или изделия или корректной его замены. Непривычно то, что применение КП/КПИ сопровождается сильным влиянием на результат их вторичных параметров, поэтому без понимания их природы вряд ли получится построить хорошую аппаратуру.

2. Вторичные параметры КИ/КПИ

У конденсаторов и резисторов, особенно в SMD-исполнении, практически отсутствует проблема с вторичными параметрами на частотах до 1 ГГц. Совершенно иная ситуация складывается с КИ/КПИ, их вторичные параметры могут доминировать ещё на рабочей частоте узла (даже на НЧ), и номинал индуктивности станет некритичным параметром.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

На прилавках нам продают КИ почти всегда по номиналу индуктивности. У дросселей ещё может быть указан допустимый ток. А ферриты нам предлагают в лучшем случае по их типу, а что с ними делать, оставят на наше воображение. Если отечественный производитель ферритов "Ферроприбор" за последние годы навёл порядок в технической документации для пользователя, то на импортные азиатские ферриты информация очень скупая. Даже от Amidon (и его аналогов) картина в документации скромная, хоть понятная и полезная, но без особой систематичности.

2.1. Собственная резонансная частота

В учебной литературе для начального и среднего уровней информации об этом параметре почти не найти, и поэтому целые поколения радиоинженеров не ощущают трудового дискомфорта, пока не столкнутся с первым заместителем индуктивности — с собственным резонансом изделия.

Любые поверхности с промежутком между ними при возможном наличии разности потенциалов выполняют функцию конденсатора. В случае с КИ и КПИ — это поверхность провода, которая через каждый виток имеет отличающийся потенциал при протекании переменного тока в обмотке. В результате, кроме витков, мы ещё имеем такую цепочку конденсаторов малой ёмкости. Ещё сложнее всё становится при многослойных обмотках. Образуется в целом некоторая итоговая конструктивная ёмкость под названием межвитковой ёмкости. С индуктивностью она образует выраженный параллельный LC-контур, имеющий собственную резонансную частоту. Этот резонанс настолько значим на практике, что в документации от ведущих изготовителей он обозначен отдельно (SRF — self resonance frequency), но не надо его путать с частотой измерения параметров изделия. Собственный резонанс является индивидуальным параметром реального изделия, и при массовом производстве он достаточно предсказуемый и контролируемый. В случае с КПИ частота собственного резонанса меняется с настройкой.

Многие симуляторы ВЧ-схем позволят непосредственно задавать параметр SRF для КИ (например, программа RFsim99), но в расчётах это участвует как конденсатор. Некоторые симуляторы просят указать паразитную ёмкость. Есть симуляторы общего назначения без такого учёта, и тогда нужно поставить конденсатор параллельно КИ для правильного расчёта.

Выше SRF изделие ведёт себя как конденсатор, с ростом частоты это проявится сильнее. На самом резонансе КИ ведёт себя как резистор с большим сопротивлением для ВЧ-токов. Чуть ниже SRF получаем очень большую индуктивность, и только на частотах в 2...3 раза ниже SRF индуктивность принимает уже своё номинальное паспортное значение. То есть может случиться, что по замыслу дроссель, установленный для защиты от ВЧ-помех, сработает как конденсатор, и помехи проходят как без этого дросселя.

Основным правилом должно быть: частота собственного резонанса КИ/КПИ должна быть в разы выше, чем рабочая частота КИ в задуманном узле.

Бывают случаи, в которых хорошо бы пользоваться собственным резонансом, когда КИ образует для ВЧ-тока практический разрыв. Например, этим удобно подавить помехи на линии питания от импульсного стабилизатора на его частоте преобразования. В многокаскадном УПЧ можно в линию питания поставить дроссель с SRF на ПЧ. Также при построении передатчиков на лампах можно подобрать анодный дроссель с резонансом на рабочей частоте передатчика или для каждого диапазона использовать отдельный оптимальный дроссель или составить большой дроссель с отводами для разных частотных диапазонов.

Паразитная ёмкость обычно имеет положительный ТКЕ, и поэтому гетеродинные КПИ должны быть с малой паразитной ёмкостью, желательно с однослойной обмоткой. При использовании лакированного провода лак окажется диэлектриком этого конденсатора, а его ВЧ-свойства на частотах выше 1 МГц значительно деградируют. В идеале для КИ/КПИ с повышенными требованиями между витками надо оставить промежуток, равный диаметру провода, здесь выручит провод в шёлковой оплётке.

Измерить SFR у КИ/КПИ можно легко с помощью измерителя АЧХ с портами сопротивлением 50(75) Ом. Надо установить КИ непосредственно между выходом и входом измерителя (можно без кабеля и заземления), и на SRF образуется острый провал глубиной 40...60 дБ при высокой добротности или образуется широкая впадина глубиной 20...30 дБ при малой добротности КИ. В первом случае КИ пригодна для применения в сигнальных фильтрах, генераторах, как дроссель в линии питания селективных усилителей, во втором случае это хороший дроссель для широкополосных узлов.

Измерять номинальную индуктивность КИ нужно на частоте хотя бы в десять раз меньше SFR. К примеру, изделие КПИ Q-4119 имеет индуктивность 12/15/18 мГн и SFR = 500 кГц (при 18 мГн). При измерении простым прибором (APPA 705) с частотой измерения 0,1/1/10 кГц получаем показания 12,66/12,67/12,4 мГн, прибор НВ-15 (классом выше) показал те же значения и добавил на частоте 100 кГц значение 12,33 мкГн. Большинство RLC-метров мультиметерного и пинцетного типов не могут правильно интерпретировать прирост влияния паразитной ёмкости и выдают обратный порядок результатов, вместо небольшого роста индуктивности с частотой. Поэтому важно оставить частоту измерения достаточно низкой, но не слишком. Правильный результат дают измерители импеданса, которые смогут разделить смешанные RLC-элементы на их составляющие, когда выбирается из меню эквивалентная схема и результат измерения на разных частотах раскладывается "по полкам". На практике оптимальными для мастерской оказались измерители, которые тестируют КИ при частоте 100 кГц (но и меньше тоже), при этом можно практически не переключать частоту для индуктивностей в интервале 1 нГн...10 мГн, и этим обеспечиваются все разновидности радиолюбительских узлов. Измерение на частоте 10 кГц у простых приборов затруднит измерение индуктивности менее 0,2 мкГн (для узлов на высоких КВ, УКВ и СВЧ).

Если в сигнальных фильтрах КИ установлены последовательно, собственный резонанс станет особенно критичен и мешающим, так как он противоречит замыслу не иметь проходных ёмкостей. Паразитная ёмкость вредит своим пропусканием сигнала на частотах выше собственного резонанса, и подавление сигналов может оказаться далеко от расчётного значения. Нужно применить КИ с особо малой паразитной ёмкостью, но это влечёт за собой увеличение их размеров. Такие диапазонные фильтры часто применяют на входе габаритных радиоприёмников, и их простой перевод в SMD-исполнение (например, для "карманных" SDR) может дать сомнительный результат из-за низкого значения SRF у малогабаритных изделий.

Хороший способ увеличить частоту собственного резонанса при доработке и модификации — секционирование обмотки и, вероятно, замена каркаса для КИ. Например, если разбить обмотку на четыре одинаковые секции, каждая из которых отдельно имеет 1/4 часть числа витков, 1/16 общей индуктивности и примерно 1/4 часть общей паразитной ёмкости, то собственный резонанс может в идеале уходить на частоту в восемь раз выше. Более реалистичное ожидание — прирост SRF в 2...3 раза. Секционирование часто применяется при изготовлении ферритовых антенн и КПИ для генераторов диапазонов ДВ и СВ, в полосовых фильтрах на КВ-частотах до 12 МГц.

2.1.1. Каскадирование дросселей

При последовательном включении двух резисторов получим в результате суммарное сопротивление, такой же результат и с двумя параллельными конденсаторами. С индуктивностями это тоже так просто? Согласно многим учебникам — да, пока на практике не получаем странно работающий узел.

Часто встречаемая задача состоит в подаче питающего напряжения для широкополосных усилителей через сигнальный кабель. Что тут сложного? По правилу, на нижней частотной границе диапазона рабочих частот усилителя реактивное сопротивление развязывающего дросселя ($X_L = 2\pi fL$) должно быть в 3...10 раз больше импеданса сигнального узла (50 Ом), поэтому потребуется дроссель с реактивным сопротивлением X_L = 150...500 Ом. Дроссель индуктивностью 1 мГн должен сработать на частотах выше 25...75 кГц. Для примера на **рис. 1** синей линией показано затухание одного дросселя

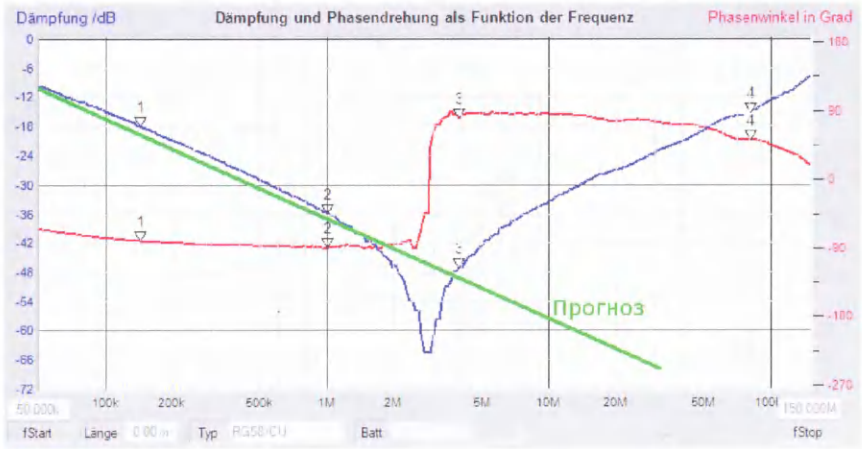


Рис. 1

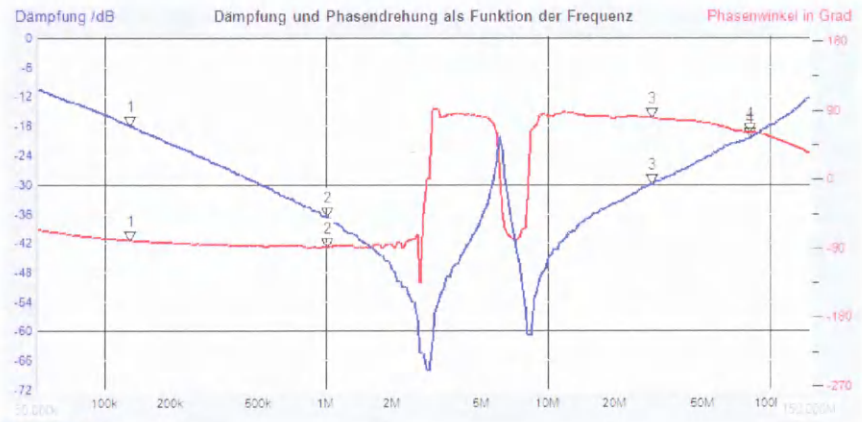


Рис. 2

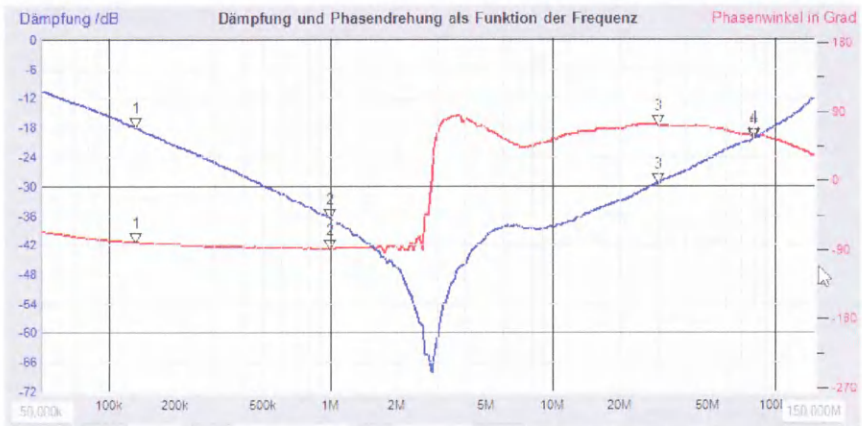


Рис. 3

номиналом 1 мГн серии EC24, которым хотелось бы развязать питание усилителя с кабелем сопротивлением 50 Ом. Зелёной линией показано ожидаемое затухание по формулам в учебниках.

Если в диапазоне СВ до частоты 1600 кГц всё шло "по плану", а для диапазона 2...4 МГц даже лучше, то для работы на КВ на частотах выше 4 МГц получаем уменьшение затухания с ростом частоты, вопреки нашим знаниям из учебника и ожиданиям. Видимо, кое-что нам не рассказали.

Собственный резонанс на частоте 2,8 МГц подскажет о наличии паразитной ёмкости, по расчёту она составляет 3,5 пФ. Поэтому этот дроссель на частоте 50 МГц обеспечивает такую же развязку, как и в области частоты 150 кГц. Наверное, если поставить последовательно ещё один дроссель с индуктивностью на порядок меньше, то он исправит ситуацию?

После установки последовательно второго дросселя номиналом 100 мкГн из той же серии EC24 получаем неожиданный результат (**рис. 2**), да ещё с обратно ожидаемым эффектом на средних КВ.

На высоких КВ и на УКВ подавление стало на 6 дБ лучше. Новый собственный резонанс второго дросселя на частоте 8 МГц говорит о его паразитной ёмкости 4 пФ. Это, в принципе, и объяснит полученную добавку на УКВ на 6 дБ от действия двух паразитных последовательных конденсаторов, по 4 пФ вместо индуктивностей.

А вредный пик малого затухания на частоте 6 МГц — это последовательный резонанс двух взаимодействующих дросселей и их паразитных ёмкостей на этой частоте. Получается, что паразитная ёмкость большого дросселя (1 мГн) взаимодействует с индуктивностью малого дросселя (100 мкГн). Однако на частоте 6 МГц дроссель с номиналом 100 мкГн при собственном резонансе на частоте 8 МГц имеет индуктивность намного больше номинальной, примерно 180 мкГн.

А что делать с этим пиком? Очевидно, что добротность получившихся паразитных LC-контуров высокая. "Погасить" пик можно установкой последовательно резистора, но на нём будет падать часть питающего напряжения. Тогда можно установить резистор параллельно одному из дросселей. При этом на подавление самого пика мало влияет, параллельно какому дросселю установить резистор. Но исчезнет глубокий провал того дросселя, к которому поставили резистор. К примеру, параллельно дросселю индуктивностью 100 мкГн был установлен резистор номиналом 4,7 кОм (**рис. 3**).

После установки резистора номиналом 10 кОм параллельно дросселю индуктивностью 1 мГн получилась "уравновешенная" картина (**рис. 4**) без острых резонансов, которые могут привести к самовозбуждению подключаемых активных узлов или фазовых искажений широкополосных сигналов.

Для диапазона 0,12...110 МГц достигнута хорошая развязка (80 %), и для диапазонов СВ-КВ развязка получилась особо хорошей, более 97 %. Каскадирование можно расширить аналогичным образом до трёх или четырёх дросселей. Однако наугад это делать не следует, так как всё зависит от выбранных изделий. Дроссели с магнитопроводами из "мягкого" феррита (М10000—1000НМ) имеют малую добротность, и им обычно не нужен дополнительный резистор, результат будет изначально похож на показанный на рис. 4.

2.2. Ёмкость между обмотками

Ёмкость между разными обмотками трансформатора мало повлияет на собственный резонанс обмоток в отдельности. Однако, если переходить в реальную конструкцию, в которой обмотка связи установлена близко к горячему концу контурной обмотки, эта

Рис. 4

ёмкость действует в колебательном контуре некачественным образом. Расстояние между обмотками в 2...3 диаметра провода обычно снижает этот эффект до "неважности".

Размещение обмоток на ферритовом кольцевом магнитопроводе на диаметрально противоположных участках обеспечит малую ёмкость между обмотками только с "твёрдыми" ферритами, у которых незначительная электропроводимость. Однако это сработает только для относительно низких частот. В диапазоне КВ и выше лучше развязать узлы с помощью синфазных дросселей.

Для радиоприёмной аппаратуры в блоке питания более выгодно применить понижающий сетевой трансформатор, у которого обмотки размещены на разных участках магнитопровода и в разных секциях каркаса. Это существенно снизит помехи на низкочастотных радиодиапазонах и дополнительно улучшит безопасность.

Ёмкость между обмотками можно использовать полезным образом, если построить ВЧ-трансформаторы на широкополосных линиях трансмиссии (ШПЛТ) или широкополосных трансформирующих линиях (ШПТЛ), где эта ёмкость является функциональной частью вместе с индуктивностью, и они образуют волновое сопротивление ШПЛТ.

2.3. ТКИ

Так как температура влияет на линейные размеры предметов, с ростом температуры растут и размеры КИ, что увеличивает её индуктивность. Есть специальные керамические каркасы, которые обеспечат нулевой ТКИ. У большинства "ходовых" ферритов проницаемость тоже растёт с ростом температуры. Обычно КИ/КПИ внесут в колебательный контур положительный дрейф индуктивности и отрицательный дрейф частоты с ростом температуры. Наименьший дрейф будет при отсутствии ферритового магнитопровода или при применении специальных ферритов. По этой причине в бытовой РЭА обычно применяют конденсаторы с отрицательным ТКЕ (М47...М1500), поэтому старые серые трубчатые конденсаторы серии КТ-1 обязательно должны быть в запасах.

2.4. Добротность

В описаниях конкретных конструкций часто остаётся неоднозначность в отношении добротности. У колебательных LC-контуров имеется **собственная добротность** Q_0, которая доминирующим образом зависит от КИ и немного от конденсатора. При работе в реальном узле этот колебательный контур нагружается, поэтому его резонирующие свойства "гаснут", образуется **сниженная рабочая (нагруженная) добротность Q_L**.

Для рукодельного радиолюбителя важны две формулы по поводу добротности. Первая относится к параллельному контуру с параллельным резистором: $Q = R(C/L)^{1/2}$, в неё удобно подставлять значения в килоомах, пикофарадах и микрогенри. Вторая формула касается последовательного контура $Q = (L/C)^{1/2}/r$ (также в килоомах, пикофарадах и микрогенри), хотя сопротивление r тут обычно значительно меньше 1 кОм и доходит до нескольких ом.

При перерасчёте того же контура от его параллельной интерпретации в последовательную имеется соотношение $R/r = Q^2$ при тех же значениях L и C.

2.4.1. Собственная добротность Q_0 КИ

Собственная добротность КИ имеет математическое определение, формально это соотношение сопротивлений КИ на переменном токе (X_L) к сопротивлению на постоянном токе по формуле $Q_0 = 2\pi fL/r$, где r — активное сопротивление, включённое последовательно с индуктивностью, упрощённо говоря — активное сопротивление провода на ВЧ. Туда ещё впишутся потери на излучение электромагнитного поля в пространство, на вихревые токи, потери в паразитном конденсаторе. Но у добротных КИ/КПИ эти потери в целом не превышают 10 %.

Мы это можем проверить на реальной КИ для НЧ, измерив её сопротивление на постоянном токе и рассчитав X_L для сравнения. К примеру, изделие КИ Q-4119 индуктивностью 13 мГн имеет активное сопротивление намотанного провода 17 Ом. Следовательно, на частоте 1/10/100/1000 кГц расчётная добротность должна быть 4,8/48/480/4800, и тут внимательный радиолюбитель оправданно засомневается в больших красивых цифрах.

Дело в том, что для реального изделия только эта формула даст прирост добротности с частотой. Все остальные физические процессы, по сути, противодействуют приросту добротности. И на самом деле на частоте 100 кГц измерительный прибор уже выдаст горькую правду, добротность — не более 15, а на частоте 10 кГц — около 30. Только на частоте 1 кГц прибор показывает добротность 3...4, что близко к расчёту по базовой формуле. То есть у каждой КИ имеется некоторая частота, при которой её добротность максимальная, но всё равно заметно меньше, чем можно ожидать в соответствии с формулой. Эта частота является для каждого изделия индивидуальной, она не обязательно совпадает с SRF — это разные параметры.

Двуликим является ферритовый магнитопровод. Для низких частот феррит увеличит в разы или на порядок индуктивность КИ, и тем самым от его присутствия растёт добротность — всё идёт строго по формуле. С ростом частоты феррит заходит "в свою полосу" и оптимально поддерживает добротность. А если ещё увеличить частоту, термические потери в феррите противодействуют росту добротности, и при удалении ферритового магнитопровода добротность может даже увеличиться. Для широкополосных трансформаторов это "ухудшение" будет на пользу, а для сигнальных фильтров это губительно.

Самый главный фактор — это марка (тип) магнитопровода (феррита или магнитодиэлектрика). На удивление, лучший магнитопровод — это воздух, да ещё и вакуум, так как они не имеют потерь и температурного коэффициента. Проблема с ними — нужны огромные габариты обмотки и КИ с индуктивностью менее 0,1 мкГн сложно сделать с очень высокой добротностью, если использовать спиральную намотку. Поэтому "воздушные" КИ исчерпают своё особое качество при индуктивности 0,1...3 мкГн, что не исключает создание крупных изделий на десятки и сотни микрогенри для передатчиков.

Ферриты обеспечат хорошую добротность в достаточно широком диапазоне частот вблизи оптимальной частоты, примерно 1:10. Поэтому феррит, который оптимально работает на частоте 455 кГц (АМ-ПЧ КПИ из старого приёмника), может прекрасно работать как на частоте 150 кГц, так и на частоте 1500 кГц, и за этими пределами нет резкого снижения качества. Также КПИ из тракта ПЧ 10700 кГц хорошо работают на частотах 3...20 МГц в сигнальных фильтрах. Выше этих частот эти ферриты могут хорошо работать в широкополосных трансформаторах при малом и среднем импедансе. Например, КПИ из АМ-ПЧ (455 кГц) отлично сработает на частоте 10700 кГц для согласования пьезофильтра (сопротивление — 330 Ом) с каскадом на транзисторе (2970 Ом, при обмотках 1:3). Такой выбор в пользу "плохого" феррита хорош тем, что это резко снизит опасность паразитного УКВ-СВЧ-возбужде-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ния, так как на этих частотах эти ферриты работают как поглотитель и сглаживают любые резонансы.

Высокая добротность обеспечивается при замкнутом магнитном потоке в магнитопроводе, правильном выборе обмоточного провода, использовании длины магнитопровода (периметра) для нанесения обмотки, заполнении моточного объёма в каркасе. Эти зависимости отражены в литературе большой разновидностью эмпирических формул, но проблема для радиолюбителя чаще всего в том, что у него на руках другие ферриты, другие каркасы, другие провода, а возможности повлиять на эти недочёты ограничены.

Если все "козыри" для повышения добротности разыграны, поможет только увеличение габаритов. Это выручит тем, что увеличивается удельная индуктивность и потребуется меньше витков для той же индуктивности. При этом есть больше объём для обмотки, и можно использовать более толстый провод. Увеличивается расстояние между витками, убывает низкокачественная паразитная ёмкость, и паразитный резонанс смещается вверх по частоте. Поэтому особенно в экспериментальных устройствах целесообразно оставлять резервное место для установки более крупных КИ.

Несмотря на выбор размеров, у марок феррита есть "свои" частоты для получения максимальной добротности. В заводской документации иногда это указывают как частотный диапазон для сигнальных цепей или применение в сигнальных фильтрах, резонансных контурах. Иногда создание воздушной щели (зазора) повышает достигаемую добротность, особенно, если в остальном сохранена замкнутость магнитного потока. Стальные НЧ-магнитопроводы уже на частоте несколько килогерц теряют качество и вносят потери, поэтому высококачественный ламповый УМЗЧ построить на простых сетевых трансформаторах для сети 50 Гц может не получиться. Феррит марки М6000НМ увеличит добротность на частотах до 100 кГц, а выше 500 кГц однозначно наступает ухудшение добротности. Феррит марки М2000НМ увеличит добротность в области до частоты 500 кГц, но получить очень высокую добротность невозможно из-за собственной проводимости этого феррита. На частотах выше 100 кГц лучше использовать "твёрдые" ферриты марок 1000НН—100НН для добротных КИ. Для ферритов М1000НН/М600НН/М400НН/М200НН/М100НН оптимальные частоты можно ожидать около 200/400/1000/3000/10000 кГц, однако это только один из многих параметров для реальной добротности КИ, и максимумы достигаемой добротности очень "размытые". К примеру, феррит М400НН даст вполне хорошие результаты в диапазоне 150...3000 кГц, если выбрать правильную геометрию магнитопровода.

Есть ещё один момент снижения качества. Дело в том, что ферриты меняют свои свойства в зависимости от напряжённости магнитного поля на слишком низких для него частотах. Поэтому в случае их использования в широкополосных трансформаторах это может привести к существенным искажениям, а в передатчиках — к разогреву магнитопровода. Нужно обязательно тестировать элемент на этот момент и при необходимости менять марку феррита либо увеличить размеры магнитопровода. Эта проблема может возникать в приёмниках сверхдлинных волн, если применить удобные малогабаритные готовые изделия известных брендов. Даже кольцевые магнитопроводы диаметром 10...12 мм могут оказаться слишком маленькими и вызвать загадочные искажения. К примеру, чтобы изготовить входной трансформатор приёмника для диапазона 0,009...30 МГц в смесителе импедансом 2×25 Ом, пришлось применить кольцевой магнитопровод диаметром 16 мм (М2000НМ), чтобы на частотах ниже 30 кГц не получать деградацию линейности. Дело в том, что в этом диапазоне частот имеются мощные атмосферные помехи, которые из-за интермодуляционных искажений в феррите "размажутся" на весь диапазон приёма.

В отечественной бытовой радиовещательной аппаратуре встречаются следующие марки ферритов общего назначения и хорошей доступности. Они по-разному влияют на добротность КИ:

— "мягкие" ферриты марок М10000—2500НМ(НМС) применяются в импульсных блоках питания на частотах до 100 кГц и в фильтрах по питанию. Добротность — невысокая из-за существенной электропроводимости. Для фильтров с высокой селективностью они не подходят;

— "мягкие" ферриты марок М2000—1000НМ применяются для глобальных задач фильтрации в области частот до 500 кГц. В широкополосных трансформаторах идеально применить феррит М1500НМС, особенно, если через обмотку протекает постоянный ток. Радиолюбители часто применяют феррит марки М2000НМ из-за его доступности в различном конструктивном исполнении, но не всегда из-за его лучшей пригодности;

— ферриты М1000НН и М600НН применяются для добротных НЧ-фильтров на частотах 1...300 кГц;

— на частотах 150...500 кГц в основном применяются ферриты М600НН и М400НН в добротных фильтрах;

— на частотах 400...2500 кГц чаще всего применяется феррит М400НН в колебательных контурах;

— в последнее время феррит для спецоборудования М200ВНП находит себе дорогу, он обеспечивает высокую добротность на нижних КВ-диапазонах, а на частотах 30...200 МГц хорошо работает в широкополосных трансформаторах;

— на частотах 2...20 МГц применяется феррит марки М100НН;

— на частотах УКВ применяются в основном ферриты 30ВН и 20ВН, а ферриты 100НН и 50ВН могут служить в широкополосных трансформаторах на УКВ и СВЧ. На этих частотах в КПИ часто используют подстроечники из алюминия или латуни. Подстроечники из цветных металлов с хорошей проводимостью уменьшают индуктивность на 10 % и при этом мало ухудшают добротность.

В некоторых случаях есть смысл комбинировать ферриты, чтобы на "частотах пробела" получить качественный результат. К примеру, составной магнитопровод из ферритов М100НН и М400НН может обеспечить высокую добротность на частотах 2...4 МГц. Можно расширить диапазон рабочих частот широкополосного ВЧ-трансформатора, применив два кольцевых магнитопровода: один — из феррита марки М2000НМ, другой — из феррита марки М400НН, и перекрыть диапазоны ДВ-СВ-КВ с идеальной равномерностью АЧХ.

ВЧ-токи протекают не по всему сечению обмоточного провода, поэтому с ростом частоты в процессе проводимости участвует только поверхность, а глубина проникновения тока составляет десятки микрометров на КВ и единицы микрометров на УКВ и СВЧ. Это становится заметным ещё на частотах ДВ-диапазона и существенно ухудшает проводимость на частотах СВ. При разборке старых радиоприёмников мы находим во многих КИ (и на магнитной антенне) провод в виде многожильного исполнения — **литцендрат** (от немецкого litzendraht — проволока из тонких нитей). Это решение позволит при том же общем диаметре провода получить намного больше проводящей поверхности. На частотах до 2...4 МГц это сработает, но выше снова простой провод работает лучше. Проблема в том, что с ростом частоты ВЧ-токи "выдавливаются" даже из объёма литцендрата, и тогда он работает как плохой провод с рыхлой поверхностью.

Геометрическая фигура круг обхватывает с минимальным периметром максимальную площадь, что в переводе на свойства провода круглого сечения означает, что мы с минимальной поверхностью можем намотать максимальное количество металла. Для сетевого трансформатора на частотах 50...400 Гц это идеальное решение, но на высоких частотах это — плохой вариант, поскольку металл внутри провода в проводимости не участвует. Поэтому в особо качественных конструкциях на КВ-УКВ-СВЧ мы найдём плоские (ленточные) провода, которые с минимальным объёмом металла (масса, стоимость) образуют максимальную погонную поверхность. Пример найдём из профессиональной техники КИ с напечёнными на керамику обмотками из плоского посеребрённого провода (**рис. 5**).

В связи с этим часто возникает вопрос, а стоит ли серебрить провод? Если посмотреть в таблице проводимости разницу между медью и серебром, то она минимальная, и не этим можно коренным образом улучшать добротность. Если полировать до блеска медь и серебро, они практически на частотах выше 30 МГц и до нескольких гигагерц обеспечивают одинаково отличную проводимость. Проблема возникает со временем, когда появится коррозия. Если бы мы смогли гарантировать равномерное покрытие двухвалентной окисью CuO (чёрная), то проблем не было бы. К сожалению, медь в

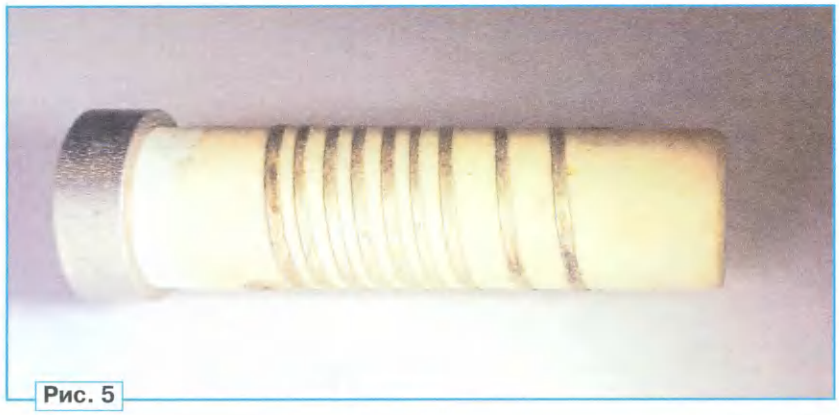


Рис. 5

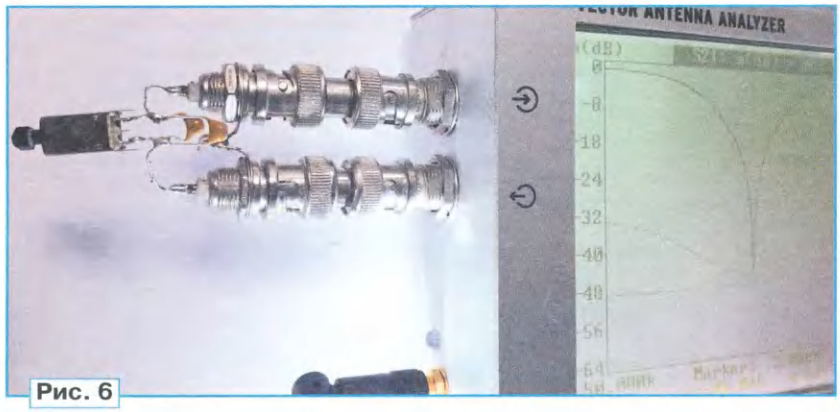


Рис. 6

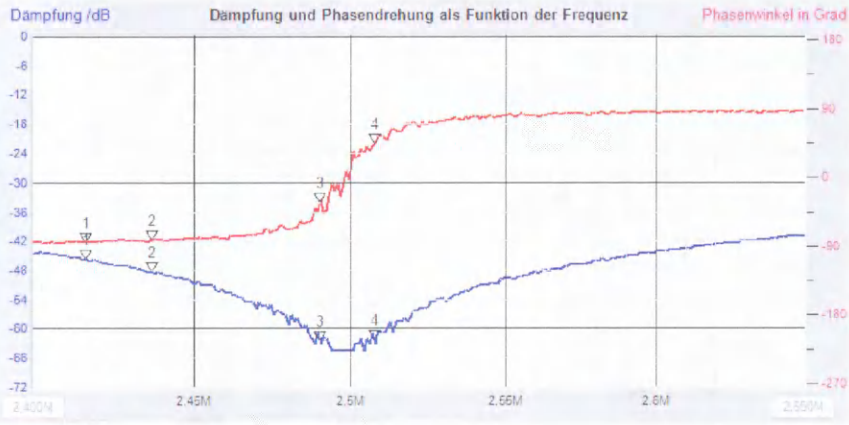


Рис. 7

реальности найдёт себе в воздухе много чего окисляющего и образует разноцветную поверхность, непригодную иногда даже для работы на НЧ и точно не для высокодобротного контура. Нанесение серебра в худшем случае даст красивый антикварный чёрный налёт, но он мало вредит ВЧ-токам по поверхности под окислением, этот налёт ровно лежит на металле и ведёт себя как идеальный изолятор. Для штучного изготовления высококачественной КИ можно очистить медь слабой кислотой до однородной розовой поверхности, полировать до блеска и покрыть устойчивым неорганическим лаком. С тем же успехом можно реализовать индуктивные СВЧ-элементы на печатных платах, если медную поверхность идеально обработать и покрыть неорганическим лаком, минимально использовать припой из олова.

Измеренная на низких частотах добротность не совпадает со значением на более высокой рабочей частоте. Но, тем не менее, этот результат может подсказать тенденцию при модификации. Добротность следует измерять на рабочих частотах, но измерители RLC для частот выше 100 кГц — очень дорогие. Зато широко распространённые измерители АЧХ и VNA (Vector Network Analyzer — векторный анализатор цепи) могут это обеспечить, даже в простом исполнении. Для этого к исследуемой КИ подключают качественный конденсатор (керамика NP0) для достижения резонанса на требуемой частоте. Этот параллельный контур подключают одним концом к выходу измерителя АЧХ, другим концом — к его входу (50 Ом) по примеру, показанному на **рис. 6**.

На частоте параллельного резонанса F_0 при большой добротности образуется глубокий провал. Надо измерить полосу пропускания ΔF_3 на уровне +3 дБ относительно максимальной глубины этого провала и вычислить добротность $Q = F_0/\Delta F_3$ контура. На **рис. 7** показан пример качественной КПИ (изделие Q-3997 индуктивностью 35 мкГн) для тракта ПЧ (2513 кГц) в КВ-приёмнике, маркеры 3 и 4 указывают границу полосы пропускания.

Например, измерена $\Delta F_3 \approx 18$ кГц на резонансной частоте $F_0 = 2495$ кГц, поэтому собственная добротность составляет $Q = F_0/\Delta F_3 = 2495/18 = 138$. Если сложно измерить полосу пропускания на уровне +3 дБ, её можно определить по изменению фазы сигнала на $\pm 45^\circ$ вблизи перехода через ноль. Можно установить последовательный контур и в измерении учитывать импеданс входа и выхода прибора. Это сработает лучше при добротности контура более 200, а также и для твердотельных резонаторов.

2.4.2. Рабочая добротность

Колебательный LC-контур не создаётся для гордого одиночества в пространстве, он должен взаимодействовать с другими узлами, такими как источник и потребитель сигнала, и каждый "обладает" своим реальным активным импедансом, который только снижает с трудом достигнутую ненагруженную (собственную) добротность. Получается, мы зря стараемся при изготовлении высокодобротных КИ и КПИ?

Существуют два принципиально разных подхода к использованию колебательного LC-контура, и иногда нужно найти компромисс между ними.

2.4.2.1. Режим высокой селективности (избирательности)

В режиме высокой избирательности суть подхода состоит в том, что подключённые к колебательному LC-контуру узлы мало гасят его резонанс, рабочая нагруженная добротность остаётся высокой. К примеру, параллельный контур на частоту 10700 кГц при добротности 100, индуктивности КИ = 6,71 мкГн и ёмкости контурного конденсатора C = 33 пФ имеет собственное резонансное сопротивление 45,1 кОм (формула выше) и полосу пропускания $\Delta F_3 = 107$ кГц. Если нагрузить этот контур извне дополнительно на нагрузку сопротивлением 45 кОм, получаем рабочую добротность $Q_L = 50$, и полоса такого контура будет $\Delta F_3 = 10700/50 = 214$ кГц. Это годится для полосового ПЧ-фильтра в радиовещательном ЧМ-приёмнике. А какие узлы можно подключать в качестве источника сигнала и нагрузки в рамках заявленных 45 кОм?

Первое, о чём нужно забыть, — это согласование. Дело в том, что предпо-

лагаемые источник и нагрузка вместе создают 45 кОм, а там ещё колебательный контур отбирает энергию на свои 45 кОм. Поэтому не найдутся оптимальные условия для согласования между источником и нагрузкой. В лучшем сценарии при $R_{ист} = R_{наг}$ = 90 кОм источник был бы нагружен на 90 кОм и ещё 45 кОм от LC-контура, итого — на 30 кОм. Поэтому на нагрузке будет 25 % напряжения (вместо 50 % при полном согласовании). К тому же токи ещё и разделяются: 66,6 % — в резонансное сопротивление LC-контура, 33,3 % — в нагрузку. То есть в общей сложности передача мощности составляет 50 %·33 % = 16,5 % по сравнению с оптимальным согласованием, а это потери в тракте 15,5 дБ.

Если бы собственная добротность этого LC-контура была бы 200, то его резонансное сопротивление было бы 90 кОм. Чтобы снова получить рабочую добротность 50 и полосу 214 кГц, нужно грузить контур извне нагрузкой сопротивлением 30 кОм, для этого источнику и нагрузке "выпадет" по 60 кОм. Тогда напряжение на нагрузке было бы 37,5 % (вместо 50 % при согласовании), а токи распределяются так: 40 % — в колебательный контур; 60 % — в нагрузку. По сравнению с идеальным согласованием получаем 45 % мощности, и "недостача" составляет 6,9 дБ.

Главный вывод — высокоселективные LC-узлы не могут обеспечить малое проходное затухание. Если хотим при узкой полосе уменьшить затухание сигнала, нужно увеличить собственную добротность колебательного LC-контура фильтра.

В этом примере применение отличного колебательного контура с Q_0 = 200 уменьшало затухание с 15,5 дБ до 6,9 дБ, т. е. на 8,6 дБ. На эту разницу (в 2,7 раза) можно уменьшить усиление в тракте. А если там четыре контура, то повышение добротности контуров даст разницу в $2,7^4$ = 53 раза, и в результате появляется возможность "сэкономить" целый каскад в тракте УПЧ. Поэтому в старых ламповых приёмниках были применены контуры очень высокой добротности. Несмотря на затраты на такие полосовые LC-фильтры с держателями, каркасами и большими экранами, а это были целые сложные узлы, по себестоимости это было дешевле, чем ещё один каскад УПЧ с лампой, её током накала и компонентами в обвязке. С внедрением твердотельных фильтров (керамика, кварц, сплавы металлов) собственная добротность резонаторов выросла до 500...30000, и мы имеем в распоряжении полосовые фильтры с весьма малым проходным затуханием в интервале 12...2 дБ для фильтрации сигналов CW, SSB, AM и ЧМ.

2.4.2.2. Режим трансформации импеданса

В этом режиме рабочая добротность КИ или трансформаторов низкая, сопротивления источника и нагрузки существенно меньше параллельного резонансного сопротивления колебательного LC-контура. К примеру, с помощью LC-контура на частоту 10700 кГц при добротности 100 (L = 6,71 мкГн, C = 33 пФ и $R_{рез}$ = 45,1 кОм) мы хотим согласовать УПЧ на полевых транзисторах (ПТ) серии КП350 с пьезокерамическим фильтром (ПКФ) импедансом 330 Ом (**рис. 8**).

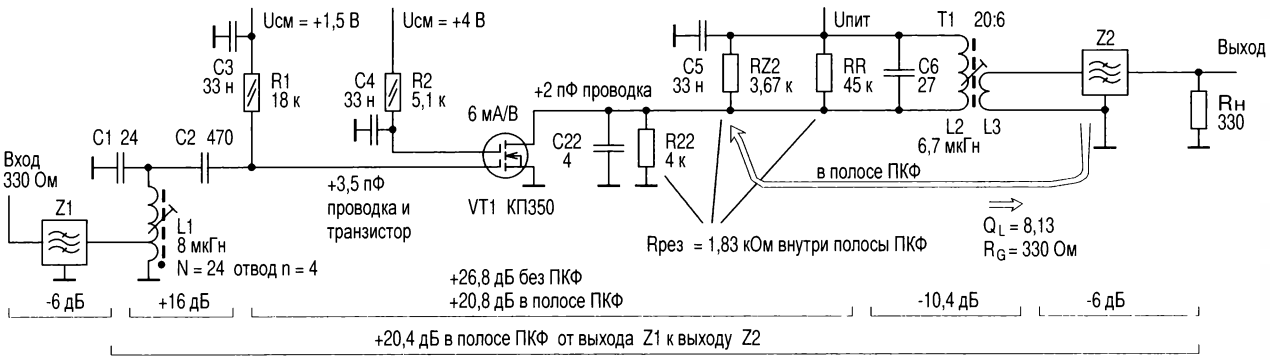


Рис. 8

Согласно документации (и на практике это подтверждено) выходная проводимость на выходе каскада (стоке) составляет 250 мкА/В, это выходной импеданс R22 = 4 кОм. К ней имеется ёмкость стока 4 пФ и ещё ёмкость 2 пФ проводников на печатной плате, поэтому контурная ёмкость будет 33 пФ. Если сток напрямую подключить к LC-контуру L2C6 (к L2), рабочее резонансное сопротивление $R_{рез}$ деградирует от 45 кОм до 3,67 кОм и нагруженная добротность будет Q_L = 8,13. Полоса пропускания расширяется до ΔF_3 = 1,3 МГц и не повлияет на спектр радиовещательного сигнала полосой 200 кГц. Усиление по напряжению (паспортная крутизна передаточной характеристики полевого транзистора S = 6 мА/В) от затвора к стоку составит $K_y = S \cdot R_{рез}$ = 22 = 26,8 дБ, это без учёта ПКФ.

Нужно рассчитать обмотку связи L3 в T1, чтобы импеданс усилительного каскада к ПКФ был равен 330 Ом. Преобразование импеданса у L2 осуществляется в соответствии с формулой $R_{рез}/R_{пкф} = (n_{L2}/n_{L3})^2$ = 3,67 кОм/0,33 кОм = = 11,1. Следовательно, соотношение витков должно быть $n_{L2}/n_{L3} = (11,1)^{1/2}$ = = 3,33. Если в контурной обмотке L2 20 витков, то в обмотке связи L3 должно быть шесть витков. Трансформация в 3,3 раза (10,4 дБ) меняет усиление по напряжению, от затвора к стоку будет 26,8 дБ, а на выходе обмотки связи — 16,4 дБ, но это по-прежнему без учёта ПКФ.

Внутри полосы пропускания входной импеданс ПКФ равен примерно 330 Ом. Эта нагрузка трансформируется к стоку и "всплывёт" там как дополнительная нагрузка сопротивлением RZ2 = 11,1×0,33 кОм = 3,67 кОм. Поэтому для полезного спектра внутри полосы пропускания ПКФ усиление от затвора к выводам L3 станет на 6 дБ меньше (для согласования). За пределами полосы пропускания ПКФ его входной импеданс изменяется очень сильно, но даже если он стремится к бесконечности, усиление не станет бесконечным благодаря шунтирующему сопротивлению $R_{рез}$ > 3,67 кОм в цепи стока и спасает транзистор от перегрузки по напряжению. Для полезного сигнала получается передача по напряжению от затвора к входу ПКФ Z2 не более 10,4 дБ. Если туда ещё прибавить затухание 6 дБ в обычном ПКФ из прошлого века, получаем плачевный коэффициент передачи 4,4 дБ от затвора к нагрузке 330 Ом у выхода ПКФ Z2. Остаётся сдаться и закрыть свой проект премиального УКВ-приёмника?

Выручит вход с высоким импедансом у каскада на транзисторе серии КП350, там можно с трансформацией вверх добавить усиление по напряжению. К примеру, можно трансформировать 330 Ом от предыдущего ПКФ в импеданс 11,8 кОм для затвора, это в 36 раз при соотношении витков 1:6, и получать прирост по передаче напряжения в шесть раз (16 дБ). Таким образом, можно получать от выхода предыдущего ПКФ Z1 к выходу последующего ПКФ Z2 усиление в 16 дБ + 4 дБ = 20 дБ, и это вполне солидное значение, полученное при тщательном согласовании.

Проведём анализ передачи сигнала в узле стока. Импеданс ПКФ трансформирован к стоку с сопротивлением 3,6 кОм и взаимодействует с выходным сопротивлением транзистора (4 кОм) параллельно, от них получается импе-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

данс стыковки 1,9 кОм. К узлу подключён LC-контур, который при собственном $R_{рез}$ = 45 кОм уменьшит импеданс в цепи стока до 1,8 кОм и из него поглощает 4 % узлового сигнального тока, а 96 % останется, поэтому эффективность передачи сигнала хорошая.

Вывод такой — при использовании колебательного LC-контура для трансформации импеданса нужно подключёнными узлами существенно снизить резонансное сопротивление и приоритетно решить задачу согласования между источником и нагрузкой. При этом от качества самого колебательного контура (ВЧ-трансформатора) не надо отказываться ради его удешевления, нужно достигать лучшего КПД трансформации. В примере выше мы "испортили" добротность контура в цепи стока в 12 раз хитрым выбором "плохого" транзистора серии КП350. Установка более современного ПТ (высокий выходной импеданс около 20 кОм) ничего не меняло бы в части импеданса на стоке, но пришлось бы его уменьшить установкой резистора параллельно LC-контуру, такое решение часто видим в схемах. Прирост крутизны передаточной характеристики современного ПТ до 12...20 мА/В дал бы эффект по усилению дополнительно на 6...11 дБ, что отчасти может оказаться излишним.

2.5. Взаимосвязь обмоток в ВЧ-трансформаторе

В идеале связь обмоток ВЧ-трансформатора должна быть 100 %, чтобы вступали в силу все красивые простые формулы о трансформаторах. Но каким образом оценить взаимосвязь у реального изделия? У сетевого трансформатора на частоте 50 Гц можно мультиметром измерить токи и напряжения, и всё станет понятно. Но такой подход даст сбой ещё на аудиочастотах для трансформаторов в ламповом УМЗЧ.

Для ВЧ-трансформаторов очень удобно оценить связь обмоток через передачу короткого замыкания, разумеется, при неопасной мощности тестового сигнала. Смысл такого теста состоит в том, что у обмоток трансформатора имеются свои отдельные значения индуктивности, а если у одной обмотки вызвать короткое замыкание, то должны "обнуляться" все индуктивности идеального трансформатора, при этом RLC-метр должен показать у всех обмоток трансформатора нулевую индуктивность. Отклонение от нуля — это проявление некачественной связи. Этот метод также работает для сетевых трансформаторов, если измерительный прибор работает с тестовым сигналом на частоте 50 Гц (синус). Можно также тестировать пригодность "железного" трансформатора для ламповых УМЗЧ, если проводить тест в диапазоне частот 50...20000 Гц синусоидальным сигналом.

У ВЧ-трансформаторов среднего качества (каркасные КПИ) остаточная индуктивность составляет 10 % от полной индуктивности обмотки. При этом не важно, у какой обмотки вызвать короткое замыкание и у какой измерять, этот процесс взаимный для двух обмоток. Для КПИ с ферритовым магнитопроводом типа "гантель" индуктивность падает до 5...2 %, в зависимости от числа слоёв в обмотке. У ВЧ-трансформаторов на кольцевых магнитопроводах и трансфлукторах (биноклях) остаточная индуктивность может достигать 3...0,1 % и может стать соизмеримой с паразитной индуктивностью выводов изделия.

Для предварительного или сравнительного анализа качества ВЧ-трансформатора можно делать такой тест на короткое замыкание с обычным RLC-метром на частоте 10...100 кГц. Но лучше бы уточнить качество ВЧ-трансформатора на ожидаемых рабочих частотах. Для этого можно использовать измеритель АЧХ (VNA) в схемах, показанных на **рис. 9**.

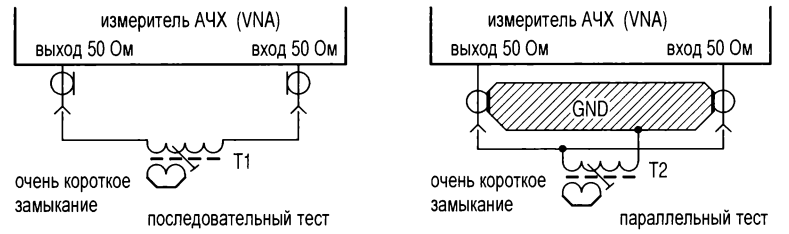


Рис. 9

Вариант с последовательным включением обмотки (рис. 9 слева) даст правдоподобный результат для трансформаторов в узлах сопротивлением более 50 Ом, а вариант с параллельным включением (рис. 9 справа) даст возможность оценить эффективность работы трансформатора в узлах импедансом менее 50 Ом. Тестируемая обмотка должна себя вести как короткий провод. Очень важно откалибровать измерительный прибор для очень короткого провода между портами, иначе он выдаст несуществующий кабель из предыдущих калибровок и "припишет" плохой результат старательно изготовленному трансформатору. При параллельном тесте очень важно иметь широкую ленту заземления между портами прибора.

2.5.1. Размещение обмоток на каркасе

Часто возникает задача изготовить резонансный ВЧ-трансформатор (КПИ) с контурной обмоткой и небольшой обмоткой связи на имеющемся под рукой каркасе. Осталось определить, как эти обмотки распределить на каркасе. Стандартное решение состоит в том, чтобы при прокрутке подстроечника не изменялась индуктивность обмотки связи, когда сам LC-контур перестраивается с большим перекрытием по частоте. Идеально было бы, если при прокрутке подстроечника соотношение индуктивностей этих обмоток не менялось.

Обычно для отечественных больших каркасных КПИ предполагают обмотку связи размещать в верхней части каркаса, а миниатюрные импортные КПИ каркасного типа сделаны для размещения обмотки связи в нижней части каркаса. Однако, если требуется на каркасных КПИ получать высокую эффективность и связь обмоток, нужно обмотку связи распределить по всей длине каркаса, как и контурную, при этом желательно использовать на каркасе участок не более 2/3 от длины подстроечника.

КПИ с магнитопроводом "гантельного" типа не меняют соотношение индуктивностей, что особенно выгодно для налаживания трансформатора. Обмотки мотают непосредственно на феррит, начиная с обмотки связи, а контурную обмотку наматывают сверху, начиная с холодного конца контурной обмотки, для снижения влияния ёмкости между обмотками на рабочий резонанс контурной обмотки. Аналогично надо поступать с автотрансформатором, начинная мотать с холодного конца на "голом" феррите.

2.6. Искажения в ферритовых магнитопроводах

Этой проблеме уделяют мало внимания, обычно все нелинейные свойства радиотехнических узлов приписывают полупроводниковым компонентам, поэтому подбором транзисторов, диодов и микросхем и их режимов стараются улучшать линейность радиотракта. Как показал анализ заводских приёмников "Океан" и Selena, значительная часть искажений на выходе АМ-тракта возникает не в полупроводниковых компонентах, а в КИ/КПИ и в конденсаторах из керамики Н90, установленных в колебательных контурах.

Речь идёт, в первую очередь, о проявлении интермодуляционных искажений третьего порядка (IM_3), так как их спектральные составляющие находятся в непосредственном соседстве с полезным сигналом и могут проходить канальные фильтры тракта до выхода. Интермодуляцию в целом и IM_3 в отдельности в ферритах сложнее устранить, чем в полупроводниках. Если в транзисторных и диодных каскадах при снижении уровня сигнала на 10 дБ уровень IM_3 существенно и предсказуемо уменьшится на 30 дБ, то в ферритах в такой же ситуации IM_3 снизится примерно на 10 дБ относительно сигнала.

Тут нужно вспомнить о работе колебательного LC-контура, поскольку КИ и контурный конденсатор при резонансе обмениваются энергией посредством тока, который в Q раз больше, чем сигнальный ток, поступающий на LC-контур извне. Резонансный внутренний ток

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

может достигать значений несколько миллиампер, что при большом числе витков может вывести малогабаритный ферритовый магнитопровод из линейной части характеристики. К примеру, в приёмнике "Океан-214" при поступлении сигнала размахом 20 мВ с АМ 50 % на последний каскад УПЧ с АРУ (VT10) в фильтре сосредоточенной селекции из пяти высокодобротных LC-контуров ($Q_0 > 250$) внутри АМ-сигнала уровень искажений достигает уровня –33...–40 дБ. Тест был проведён при отсутствии транзисторов, чтобы они не влияли на результат. При замене выходного конденсатора С34 (ёмкость 10 нФ, керамика H90) конденсатором из керамики NP0 уровень искажений немного уменьшился, но остался на уровне –36...–43 дБ. По этой причине не удастся доработать заводской УПЧ для получения искажений при АМ менее –46 дБ при мощных сигналах.

Ввиду таких обстоятельств нужно делать несколько выводов:

— интермодуляция в ферритовых магнитопроводах легче возникает в LC-контурах при их очень высокой рабочей (нагруженной) добротности с явно выраженной селективностью, с резким переходом в АЧХ из полосы пропускания в скаты с затуханием. В широкополосном трансформаторном режиме намного сложнее вызвать интермодуляцию;

— КИ/КПИ для высокоселективных LC-фильтров должны содержать объёмные ферритовые магнитопроводы с большим сечением;

— целесообразно проверить высокоселективные LC-фильтры на появление IM_3 при ожидаемом уровне сигналов. Интермодуляция может возникнуть и во входных полосовых КВ-фильтрах, если была сделана ставка на селективность при ещё терпимом затухании и при работе с большой антенной;

— менее критично ведут себя КПИ в составе ФВЧ и ФНЧ, если не возникает редкий случай мощных помех на частоте резонанса заградительного контура, и в нём может возникать наложение помех на все полезные сигналы в полосе пропускания ФНЧ (ФВЧ);

— измерение IM_3 у высокоселективного УВЧ (УПЧ) при одном уровне двухтонального сигнала может дать совершенно неправдоподобную картину, если приписать обнаруженную интермодуляцию усилительному элементу. Нужно выявить "виновника" и повторить измерения при снижении уровня двухтонального сигнала, к примеру, снизить уровень на 6 дБ. Если уровень интермодуляции уменьшается на 18 дБ, доминирующим был транзистор, а если снижение ближе к 6 дБ, вероятно, интермодуляция возникает в ферритовом магнитопроводе или в конденсаторе с нелинейной керамикой;

— если не изменять уровень тестового сигнала, а заменить транзистор другим с меньшим усилением, но с той же линейностью, можно получить совсем ложную картину. Интермодуляция в феррите убывает на разницу усиления транзисторов, и "плохому" транзистору припишем "чудо-линейность", которой на самом деле нет;

— малогабаритные КПИ целесообразно использовать в каскадах, где рабочая добротность небольшая, или использовать как ВЧ-трансформатор при широкой полосе пропускания. А в качестве высокоселективного фильтра лучше бы использовать твердотельное изделие (пьезофильтр или кварцевый фильтр);

— электромеханические фильтры на основе индуктивных преобразователей могут вызвать значительную интермодуляцию, это нужно проверить на конкретном изделии;

— интермодуляция особо интенсивно образуется, когда феррит работает на "своих" частотах и обмотка содержит большое число витков, а сечение магнитопровода малое. Увеличение размеров магнитопровода из той же марки феррита уменьшит необходимое число витков в обмотке и распределит магнитный поток на расширенное сечение. По опыту, увеличение линейных размеров КПИ и магнитопровода в два раза снизит интермодуляцию на 15...20 дБ. Борьба с интермодуляцией в ферритовых магнитопроводах — это, в первую очередь, увеличение габаритов, что дополнительно решит проблемы с паразитной ёмкостью КИ/КПИ;

— ВЧ-ферриты нужно беречь от постоянных и НЧ-полей, в том числе от постоянных магнитов. Некоторые ферриты от этого могут потерять свои ВЧ-свойства, и только полный термоцикл выпекания это может восстановить. Если при ремонте произошло короткое замыкание по питанию через обмотку ВЧ-трансформатора, его лучше заменить или хотя бы проверить линейность и усиление узла со штатными сигналами;

— от интермодуляции в ферритовых магнитопроводах могут страдать узлы передатчиков, несмотря на все мероприятия линеаризации работы транзисторов.

3. Доработка (переделка) КПИ

Очень редко покупаемые и донорские КПИ подходят для установки в наши устройства, поэтому почти всегда придётся их переделать. Для работ с КИ/КПИ рекомендуется комплект инструментов и материалов, приведённый на **рис. 10**.

1 — обмоточные лакированные провода диаметром 0,07...0,2 мм;

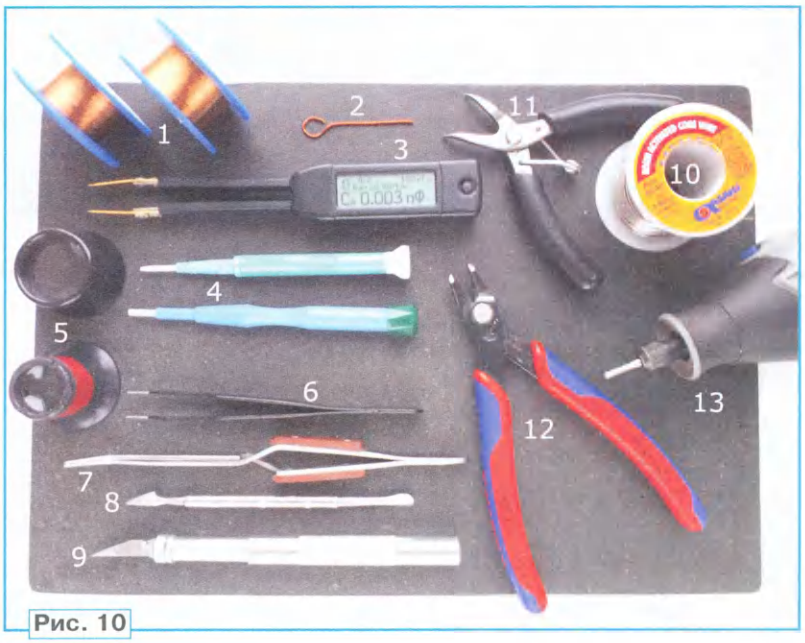


Рис. 10

2 — проволочная петля для ручной скрутки литцендрата и жгутов;

3 — измеритель RLC с частотой измерения не менее 10 кГц, желательно 100 кГц;

4 — отвёртки с жалом из керамики или пластмассы;

5 — лупы двух-трёхкратные и пятисемикратные;

6 — гладкий пинцет для фиксации проводов на выводах каркасов;

7 — рифлёный пинцет с обратным захватом как третья рука;

8 — тонкий не острый, клинообразный нож-резак для вскрытия экранов;

9 — острый нож для чистки выводов и каркасов;

10 — припой ПОС61 диаметром 0,8...1 мм с хорошим флюсом внутри;

11 — гладкие плоскогубцы;

12 — бокорезы;

13 — шлифовальная машинка (гравёр) (800...2000 об/мин) с мелкозернистой алмазной насадкой для обработки ферритовых колец, каркасов и экранов.

Конечно, нужен паяльник с хорошей теплоёмкостью и мощностью не менее 25 Вт, который обеспечит температуру нагрева до 360 °С. Потребуются лак и клей, пластмассовый крепёж М3—М6 для ферритовых колец. Для намотки на ферритовые кольца выручат швейные иголки.

3.1. Демонтаж КПИ

Очень редко удастся с помощью отсоса удалить весь припой из пайки

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

КПИ, но это был бы предпочтительный вариант. В большинстве отечественной РЭА с односторонними печатными платами это сработает, особенно, если сначала укоротить выводы до допустимой длины. Если это изначально кажется неосуществимым, например, в импортной аппаратуре со сложными печатными платами и металлизированными отверстиями, то придётся "клин выбить клином". Для этого набирают большое количество припоя на выводах КПИ, а также флюс и с помощью теплоёмкого паяльника стремительно разогревают всё сразу и равномерно, выжидают дополнительную секунду на глубокий прогрев. Заранее с обратной стороны платы пинцетом с надёжной фиксацией держат КПИ и после полного прогрева вытаскивают её одним стремительным движением, а не мелкими шагами и с наклоном. Продолжительный нагрев со слабым паяльником разрушает КПИ. Затем надо удалить лишний припой на выводах КПИ.

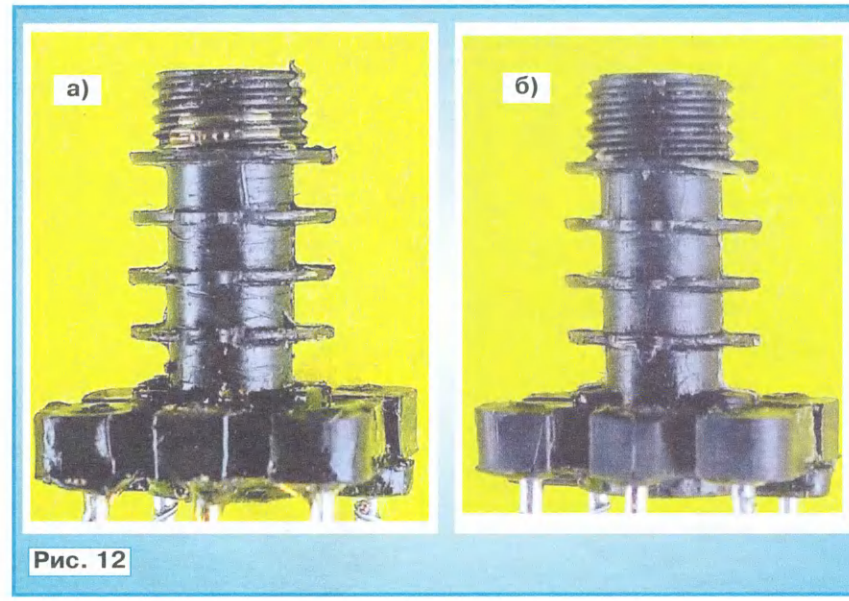


Рис. 12

3.2. Разборка КПИ и подготовка к намотке

Если обмотки КПИ целые, сначала надо установить подстроечник в крайнее нижнее положение и измерить индуктивность главной обмотки, потом при крайнем верхнем положении подстроечника, при котором он уверенно держится без шатания, тоже измерить индуктивность. Потом найти среднее положение и измерить штатную индуктивность КПИ. Все параметры записывают, а также то, как были сделаны отводы или обмотки связи. Их индуктивность желательно измерить при среднем положении подстроечника. Эти данные полезны тем, что помогают найти нужное число витков для новой КПИ, применив найденное значение удельной индуктивности.

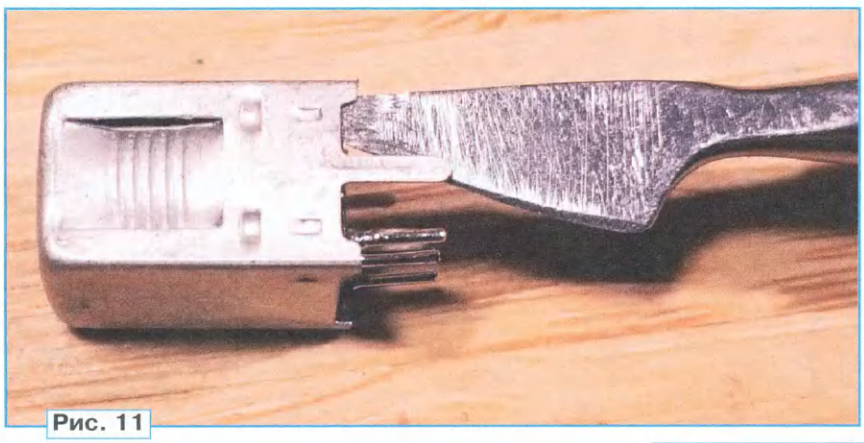


Рис. 11

У отечественных КПИ разборка обычно крайне простая, а с импортными КПИ зачастую дело сложное и выручает короткий тонкий нож в виде плоского клина. На **рис. 11** показан специально ошлифованный нож для этой задачи, он не должен быть острым для прорезов, а плоским клином надо убрать выступы-защёлки на металлическом экране.

Использование тонкой отвёртки для этой цели создаст точечную нагрузку на пластмассовый каркас, и он может сломаться. Затем надо выдавить или вытащить каркас из экрана, при необходимости повторить ослабление защёлок. У секционированных каркасов лучше выкрутить подстроечник и заменить его винтом с соответствующей резьбой, и с его помощью выдавить каркас.

Удаляют обмотки с подсчётом числа витков, чтобы рассчитать удельную индуктивность этой КПИ. К примеру, ранее измерили индуктивность L = 360 мкГн и смотали 100 витков (n), получим удельную индуктивность A_L = 360000 нГн/(100·100) = 36 нГн/n^2 для расчёта числа витков новой КПИ.

После удаления обмоток каркас нужно привести в порядок. Очищают выводы от лишнего припоя, остатков провода и коррозии. Выручает острый нож с коротким лезвием. Отечественные КПИ страдают от слабой фиксации выводов в пластмассовом каркасе. Чистить выводы ножом следует всегда в сторону каркаса и убрать припой до голой меди. Иногда экран стоит почистить мелкой щёткой (насадка гравёра) и придать ему нормальную форму и приятный товарный вид.

Часто отечественные каркасы сделаны небрежно, в изношенной прессформе, и швы имеют мешающие нерегулярные выступы и наплывы (**рис. 12**,а и рис. 12,б). Их надо аккуратно срезать острым ножом, так как это существенно освободит ценный объём намотки, с наплывами сделать нормальную однослойную обмотку не получилось бы.

3.3. Примеры выполнения обмоток

Обмотки, по возможности, нужно выполнять полными витками, с выведением проводов крест-накрест. Так получается всегда предсказуемый замкнутый виток, даже если он один.

Сначала залуживают провод на одной стороне, его наматывают на вывод и там прижимают его пинцетом, пока ещё не паяют. Наматывают обмотку, выводят провод к другому выводу и обрезают на нужную длину с учётом намотки на вывод. Временно отматывают назад один или два витка обмотки и залуживают второй конец провода. Восстанавливают обмотку и наматы-

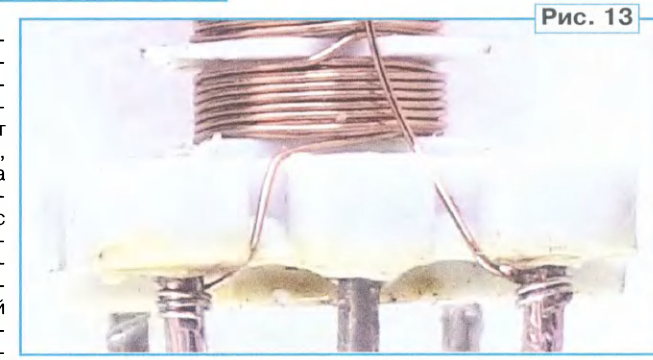


Рис. 13

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

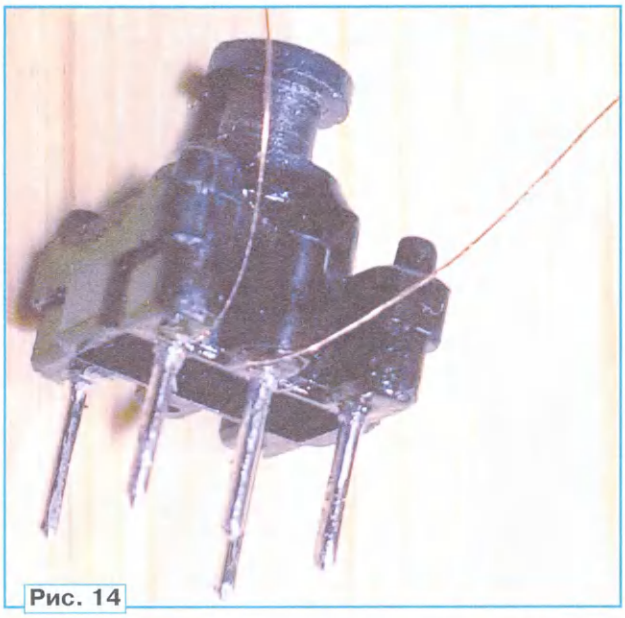


Рис. 14

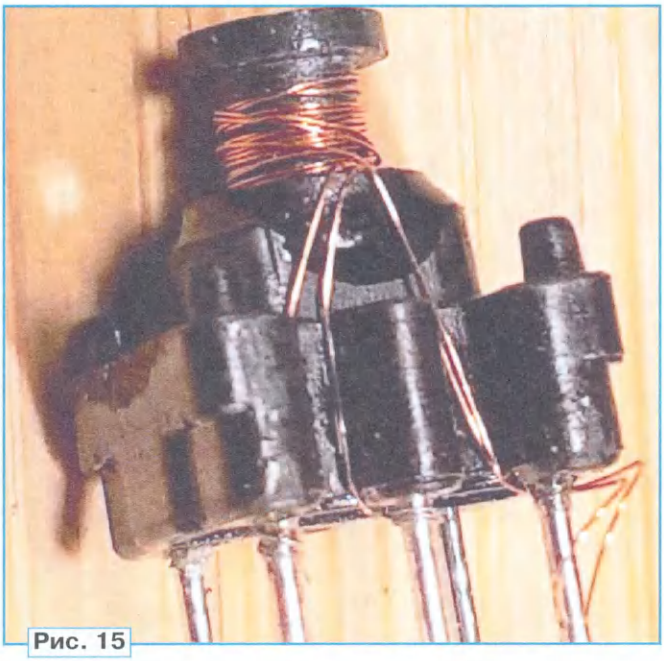


Рис. 15

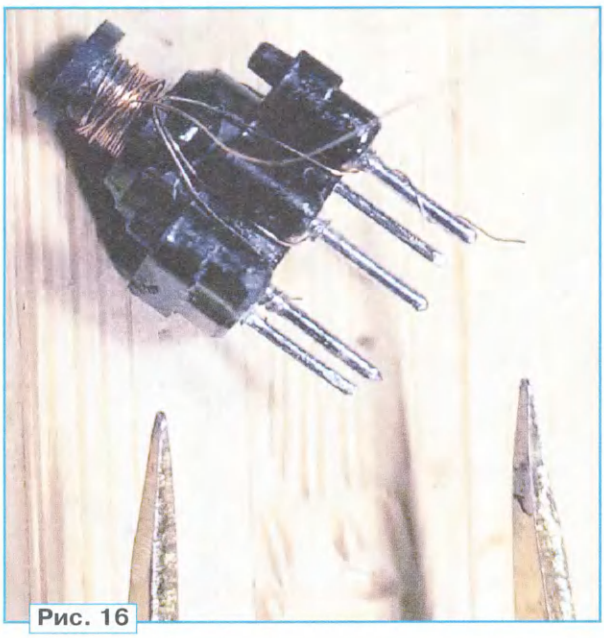


Рис. 16

вают второй конец провода на вывод каркаса. Это удобно сделать с помощью гладкого пинцета. Провод должен быть намотан на вывод близко к каркасу (**рис. 13**), и при монтаже на печатную плату он не должен попадать в отверстие. Это важно для сохранности при повторном изъятии КПИ из печатной платы. Проводят измерения КПИ и при соответствии требуемым параметрам пропаивают выводы с проводами. Именно чистка выводов каркасов до меди выручает при пайке отечественных КПИ, процесс завершается за доли секунды и не повредит пластмассе.

Симметричную обмотку наматывают одновременно двумя проводами. Только в исключительных случаях эти провода скручивают, обычно хватает их естественной скрученности для получения их идентичности. Провода залуживают с одного конца и наматывают на выводы пока без пайки (**рис. 14**).

Наматывают обмотку, в этом примере это 8+8 витков, и фиксируют концы проводов одним изгибом на крайнем выводе для дальнейшей обрезки и обработки (**рис. 15**).

Поочерёдно залуживают эти концы и любой из них наматывают с умеренной фиксацией на крайний вывод (**рис. 16**).

Проводят измерение RLC-метром между средним выводом и крайним вторым выводом. Может определиться ёмкость несколько пикофарад или разрыв, либо индуктивность (или короткое замыкание). Если определилась индуктивность (замыкание), то на этот вывод попал правильный провод, и его надо окончательно зафиксировать плотной обмоткой и прижатием пинцетом. В случае определения ёмкости этот провод перекинуть на средний вывод, а другой провод зафиксировать на крайнем выводе. Окончательно проверяют обмотки на их совпадение по индуктивности. Общая индуктивность между крайними выводами должна быть в четыре раза больше, чем отдельно взятые обмотки. В показанном примере для изделия Q-3994 с обмоткой 8+8 витков (итого 6 мкГн) разница между индуктивностями обмоток не превысила 1 % (1,51 мкГн и 1,5 мкГн). Остаточная индуктивность при коротком замыкании одной из обмоток — 20 нГн, что соответствует эффективности магнитной связи не менее 98,6 % на рабочих частотах феррита в диапазоне 2...20 МГц. В альтернативной интерпретации этого примера можно в таком виде изготовить относительно широкополосные трансформаторы перекрытием по частоте 1:3...1:10, не применяя кольцевые магнитопроводы или "бинокли". Обмотку делают однослойной на голом феррите, в этом случае скрутка проводов полезна.

4. Различные изделия

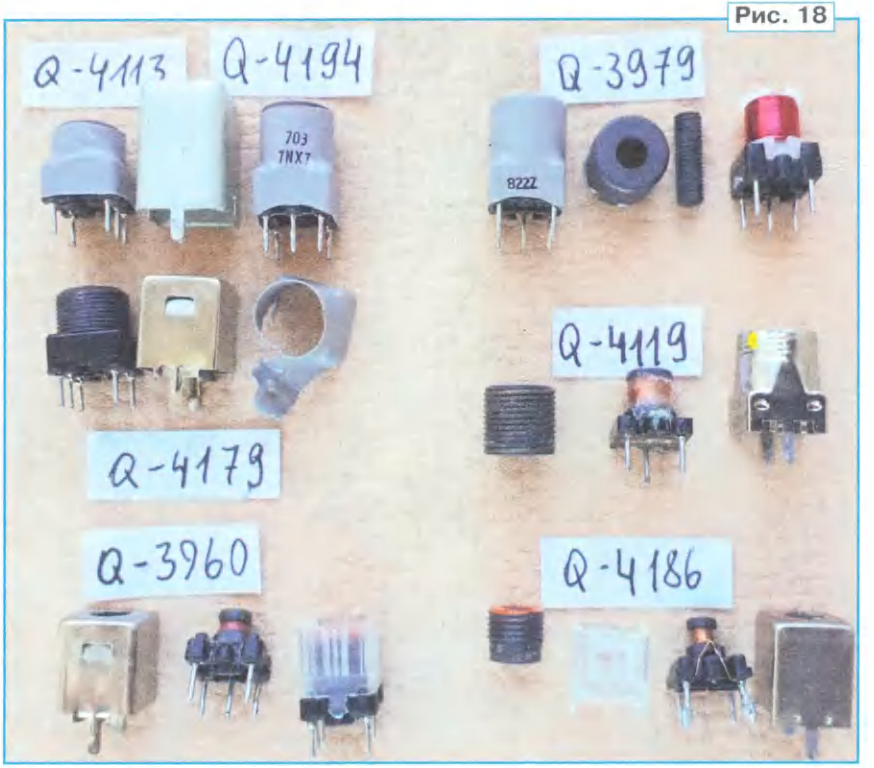
Ниже перечисляются проверенные изделия и обсуждаются особые моменты их применения.

4.1. НЧ КПИ/КИ до частоты 100 кГц

Эти НЧ КПИ/КИ предназначены для работы на частоте ниже 100 кГц с индуктивностью 1...200 мГн и низкой SRF. Сам феррит обычно работает до

Рис. 17

Рис. 18



частоты 2 МГц в селективных контурах и увеличенные размеры магнитопровода позволят реализовать добротные КПИ для фильтров в диапазоне частот 450...2000 кГц, применив толстый провод или литцендрат. По марке феррита они соответствуют ферритам М400НН или М600НН, редко М1000НН.

Чаще всего эти КПИ предлагаются в корпусе с основанием каркаса размерами 10×10 мм. Такие КПИ, как правило, не имеют металлического экрана, зато у них увеличенный "гантельный" ферритовый магнитопровод с большой чашкой, что даже хорошо. Внешняя защита сделана термоусаживаемой трубкой, которую легко снять (**рис. 17**), ферритовая чашка плотно и мягко ходит в пластмассовой резьбе.

При особых требованиях к таким КПИ можно подобрать металлические экраны от других КПИ формата 10×10 мм или даже 12×12 мм. К примеру, на **рис. 18** к изделиям Q-4179, Q-4113 и Q-4194 приложены такие "чужие" экраны. В таком дополненном исполнении эти КПИ могут работать на входе приёмника или в выходном каскаде без опасности взаимодействия с другими узлами приёмного тракта.

Изделие Q-4113 (без экрана) намотано литцендратом 5×0,05 мм и имеет контурную обмотку с перестройкой индуктивности 195...240...323 мкГн, Q_0 = 82...94 на частоте 100 кГц, SRF = 4500 кГц, n = 63, A_L = 49...81 нГн/n^2. При максимальной индуктивности симметричная обмотка связи имеет индуктивность (1,75+1,75) мкГн, в целом это 7 мкГн при n = 4,5+4,5 и указывает на типичное свойство увеличенной удельной индуктивности в первом слое обмотки, здесь это A_L = 52...87 нГн/n^2. Изделие Q-4113 может напрямую заменить КПИ в УПЧ на частоту 465 кГц в приёмниках серии "Океан". При установке надо избегать короткого замыкания обмоток связи с общим проводом.

Изделие Q-4179 (без экрана) намотано одинарным проводом и имеет контурную обмотку с перестройкой индуктивности 180...270...353 мкГн, Q = 60...75 на частоте 100 кГц, SRF = 4500 кГц, n = 63, A_L = 49...81 нГн/n^2 для многослойной обмотки и для первого слоя A_L= 52...89 нГн/n^2. По ферриту это совпадает с изделием Q-4113. Имеются две обмотки, каждая с отводом, это в общей конфигурации при максимальной индуктивности (77+95):(5,3+23) мкГн и по виткам это (30+33):(8+18), что позволит довольно универсально применить это изделие на частоте 400...1600 кГц, если добротность не требуется сверхвысокой.

Изделие Q-4194 (без экрана) является удлинённым по сравнению с Q-4179 или Q-4113, с перестройкой индуктивности в интервале 3,1...5,5 мГн. В контурной обмотке 240+24 витков и семь витков в обмотке связи. Добротность Q_0 = 36 на частоте 10 кГц (5,5 мГн). Изделие можно применить на ДВ до частоты 285 кГц при SRF = 820 кГц, ещё она хорошо "приживается" в стереодекодерах. При многослойной обмотке A_L = 55...100 нГн/n^2. Большой объём обмотки позволит изготовить на основе её каркаса с применением литцендрата высокодобротную КПИ для частоты 450...500 кГц в узлах УПЧ в части многоконтурных фильтров сосредоточенной селекции.

Изделие Q-3979 (без экрана) имеет классический стержневой подстроечник и для замыкания магнитопровода большую чашку. Оно имеет индуктивность 6...11 мГн и Q = 30...45 на частоте 100 кГц и предназначено для работы ниже этой частоты из-за низкого значения SRF = 500...680 кГц. Большой объём для обмотки позволит применить литцендрат и создать высокодобротный КПИ для УПЧ до частоты 500 кГц. На более высоких частотах феррит магнитопровода деградирует.

Изделие Q-4119 имеет металлический экран и штатную индуктивность в интервале 9...18 мГн. Это сочетание потребовало применения тонкого обмоточного провода и Q_0 = 10...20 на частоте 10 кГц и ещё меньше на частоте 100 кГц, SRF = 450...650 кГц. Но так как магнитопровод имеет увеличенные размеры, это изделие пригодно для новых КПИ до частоты 2 МГц, можно и на этом изделии сделать КПИ для ремонта отечественных приёмников.

Изделие Q-4186 хорошо экранировано, но магнитопровод уже малогабаритный, как из категории КПИ 7×7 мм, но имеет достаточный объём для обмотки. Большая индуктивность 420/680/1030 мкГн, Q = 50 на частоте 100 кГц, SRF = 3000 кГц, позволит применить его на частоте 400...500 кГц для цепей согласования. Контурная обмотка имеет отвод примерно от 20 %, а обмотка связи имеет 2,8 % от витков контурной обмотки. Это типичный коллекторный контур старых транзисторных приёмников. Легко разбирается и переделывается.

Изделие Q-3960 имеет малый объём для обмотки и небольшой ферритовый магнитопровод, легко разбирается и переделывается. Для высокодобротных КПИ оно не годится. Его индуктивность перестраивается в интервале 250...390...443 мкГн. При максимальной индуктивности это (0,2+425):2,2 мкГн, что соответствует трансформаторной передаче по виткам 14:1. Умеренная добротность Q = 50 на частоте 100 кГц и SFR = 6000 кГц указывает на универсальность на частотах 0,15...2 МГц. Для новых КПИ принять расчётный параметр A_L = 25...44 нГн/n^2.

4.2. АМ КПИ диапазона 0,1...2 МГц

Так называемые АМ КПИ массово попадают нам из УПЧ на частоте 450...500 кГц с индуктивностью в интервале 30...1500 мкГн. Исполнение обычно "гантельное" с резьбовой чашкой. Их малые размеры не позволяют применить для обмотки толстый провод. На частотах 450...500 кГц не удастся получить собственную добротность более 80, поэтому эти КПИ пригодны только для трансформаторов согласования, простого диодного АМ-демодулятора или для ФНЧ/ФВЧ среднего качества. Обычно у них удельная индуктивность составляет для внутреннего слоя обмотки 27...49 нГн/n^2 и для последующих верхних слоёв в интервале 17...38 нГн/n^2. В самодельном исполнении при намотке проводом диаметром 0,05 мм можно сделать КПИ индуктивностью до 2 мГн (SRF = 1,5 МГц), но более 680 мкГн штатной индуктивности (n = 140), не стоит планировать с этими изделиями (**рис. 19**), и то — это без

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

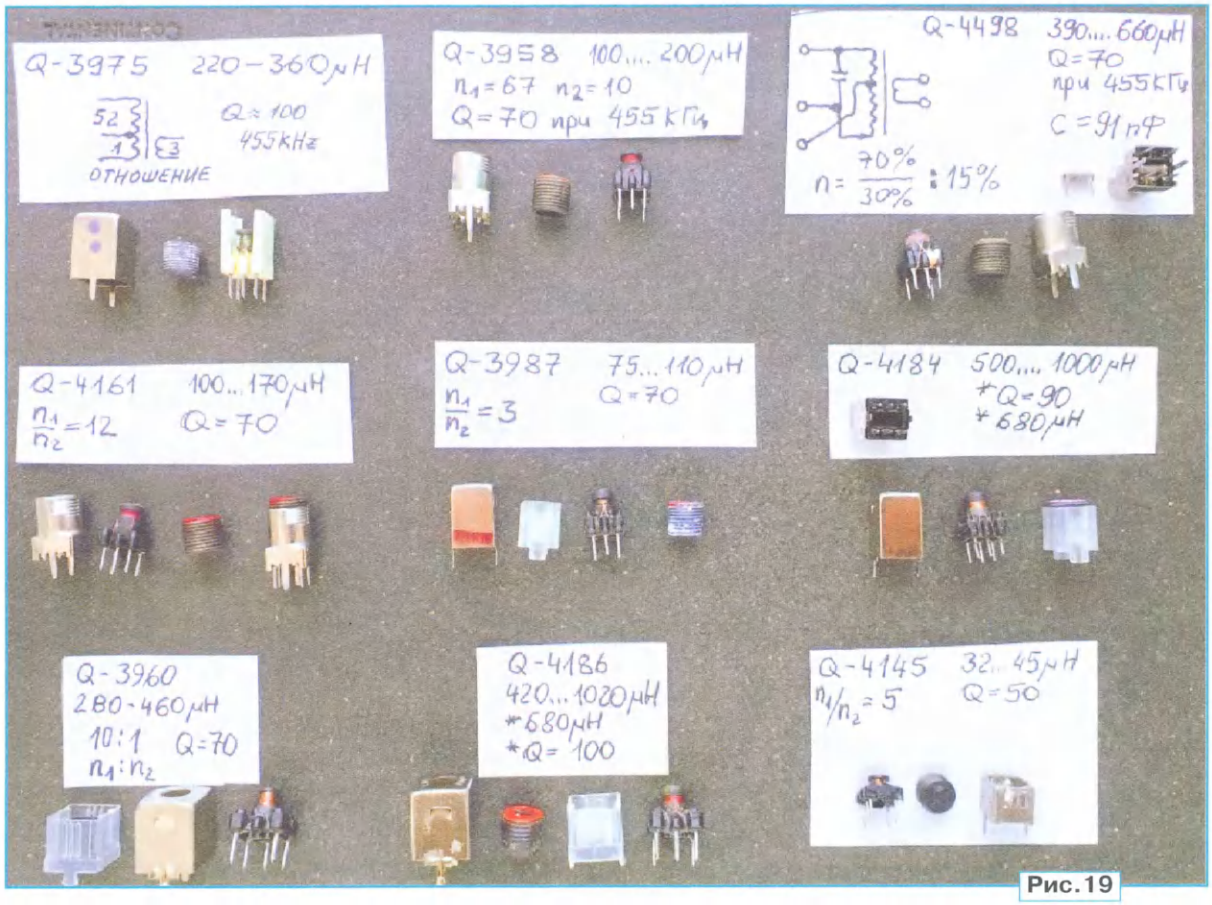


Рис. 19

размещения обмотки связи. Действует тот же порядок, сначала надо мотать обмотку связи, потом контурную обмотку, начиная с холодного конца.

Однако эти КПИ с успехом можно применить в узлах на частотах 2...12 МГц, если импеданс и добротность узла невысокие и требуется подавить резонансы в диапазоне УКВ и СВЧ. Например, на них можно сделать согласующие трансформаторы для импеданса 20...5000 Ом. При этом экранировка изделий повышает помехоустойчивость, в отличие от трансформаторов открытого типа. Эффективность трансформатора может достигать 95...99 % и зависит от намотки обмоток. Если мотать обмотки в скрутке, эффективность выше, но нужно проверить полученную конструкцию на собственный резонанс, если он ниже, чем рабочая частота, нужно переделать конструкцию.

4.3. КПИ на низкочастотные КВ-диапазоны

Такие КПИ (**рис. 20**) найдём в ТВ-аппаратуре прошлого века из звукового ПЧ-тракта и обработки аналоговых видеосигналов на частотах до 8 МГц. На самом деле марка феррита неоптимальная для низких КВ, но каркасы сделаны для большого объёма обмотки, ферритовые магнитопроводы могут быть с увеличенными размерами, т. е. они с помощью размеров выполняли поставленную задачу, что делает эти изделия привлекательными для переделки.

Эти КПИ занимают интервал индуктивностей 7...50 мкГн и могут обеспечить добротность до 70 на частотах 2...4 МГц, в редком случае у Q-3997 даже 120 из-за применения особо качественного провода (посеребрённый с лаковым покрытием) и большого подстроечника.

КПИ с такими ферритовыми магнитопроводами даже на УКВ могут показать добротность 10...20, и поэтому КПИ с длинным каркасом могут служить в широкополосных двухконтурных фильтрах на входе УКВ-блоков. Хорошие примеры применения таких КПИ приведены в [1—5] при доработке и обновлении УКВ-блоков радиоприёмников серий "Океан" и Selena.

Рис. 20

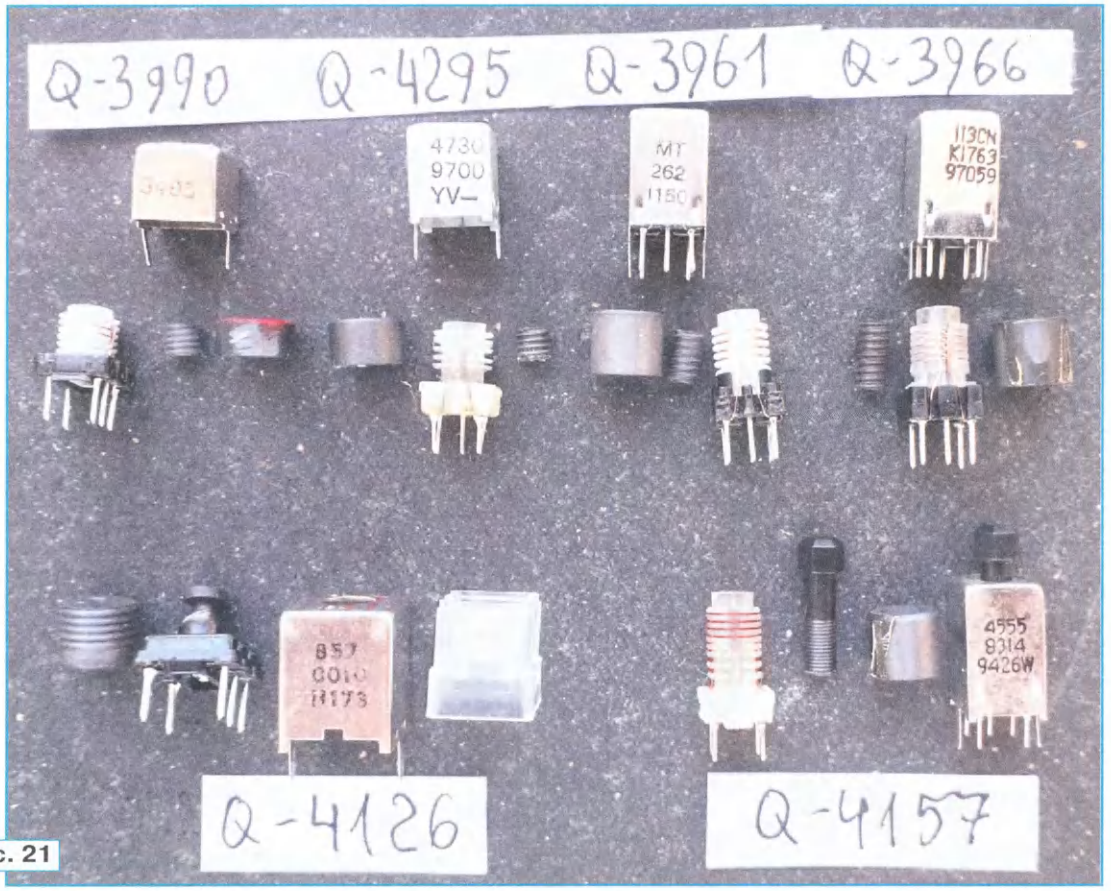


Рис. 21

4.4. КПИ диапазона 3...30 МГц

Эти КПИ иногда имеют название ЧМ КПИ, или видео-ПЧ КПИ, из-за их применения в трактах ПЧ на частоту 10,7 МГц или в УПЧ телевизоров. Вместо индуктивности может быть указана рабочая частота, если в корпусе параллельно контурной обмотке установлен конденсатор. Ферриты у них относятся к группам М200—М50, вероятнее всего М100НН (и его аналоги). Их индуктивность в готовых изделиях обычно бывает в интервале 0,3...10 мкГн. В основном для этого диапазона найдём многосекционные каркасы с основанием 7×7 мм (**рис. 21**).

По сути, они отличаются длиной подстроечника и чашкой. Предпочтительно использовать верхние секции, которые попадают под действием чашки, что снизит деградацию добротности от металлического экрана. Изделия Q-3990 и Q-4295 лучше работают при использовании от одной до трёх секций, у изделия Q-3961 можно использовать четыре секции, и только Q-3966 с длинным подстроечником позволит использовать пять секций, как и Q-4157 и Q-3997. Для витков верхних секций можно предполагать

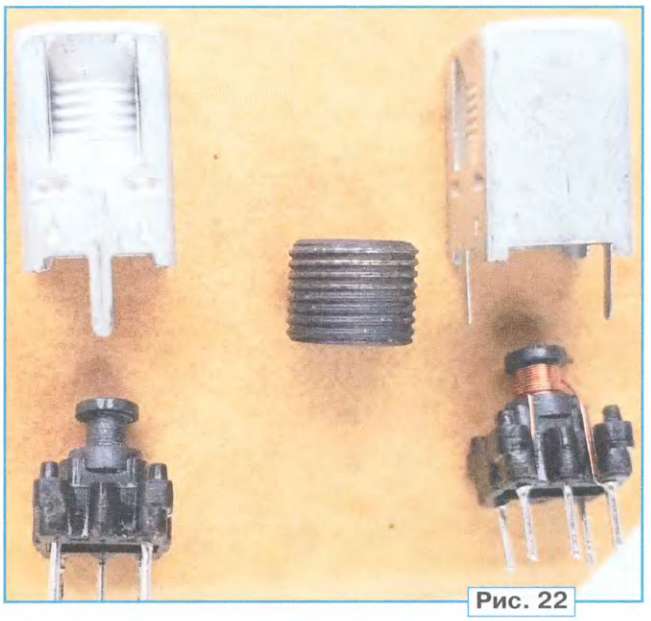


Рис. 22

A_L = 10...14 нГн/n^2, если они в первом слое обмотки. Для витков в верхних слоях обмотки в верхних секциях можно брать в расчёт A_L = 9...13 нГн/n^2. Обмотки вне действия подстроечника имеют A_L = 4...6 нГн/n^2. С ростом частоты нужно уменьшать число занятых секций, чтобы эффективнее использовать магнитопровод по протяжённости, и тогда эти КПИ пригодны до частоты 60 МГц в первом УПЧ более сложных всеволновых приёмниках (Tecsun, Degen и аналогичные).

На этих изделиях с качественным проводом получаются хорошие КВ КПИ с добротностью до 150. Трансформаторная связь между соседними секциями не превышает 92 % на частоте 15 МГц, зато ёмкость между обмотками мала, и собственный резонанс можно сдвинуть далеко вверх до частоты 200 МГц, что на "гантелях" не получается.

В этой категории КПИ редко найдётся "гантельное" исполнение, изделие Q-4126 (10×10 мм) уже не доступно, в нём был использован посеребрённый провод, при индуктивности 1,5 мкГн на частоте 10700 кГц это дало добротность 120.

В настоящее время удачным и универсальным изделием можно назвать Q-3994 (**рис. 22**), которое легко разбирать. В заводском исполнении эта КПИ имеет индуктивность с перестройкой 4,4...6...9 мкГн и обмоткой 14,5 витка и отводом от 5,5 витка. Это свидетельствует о значении A_L = 21...29...40 нГн/n^2 при однослойной обмотке. Для многослойных обмоток более правильное значение A_L = 15...30 нГн/n^2, и это ограничит получение высокой добротности при сни-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

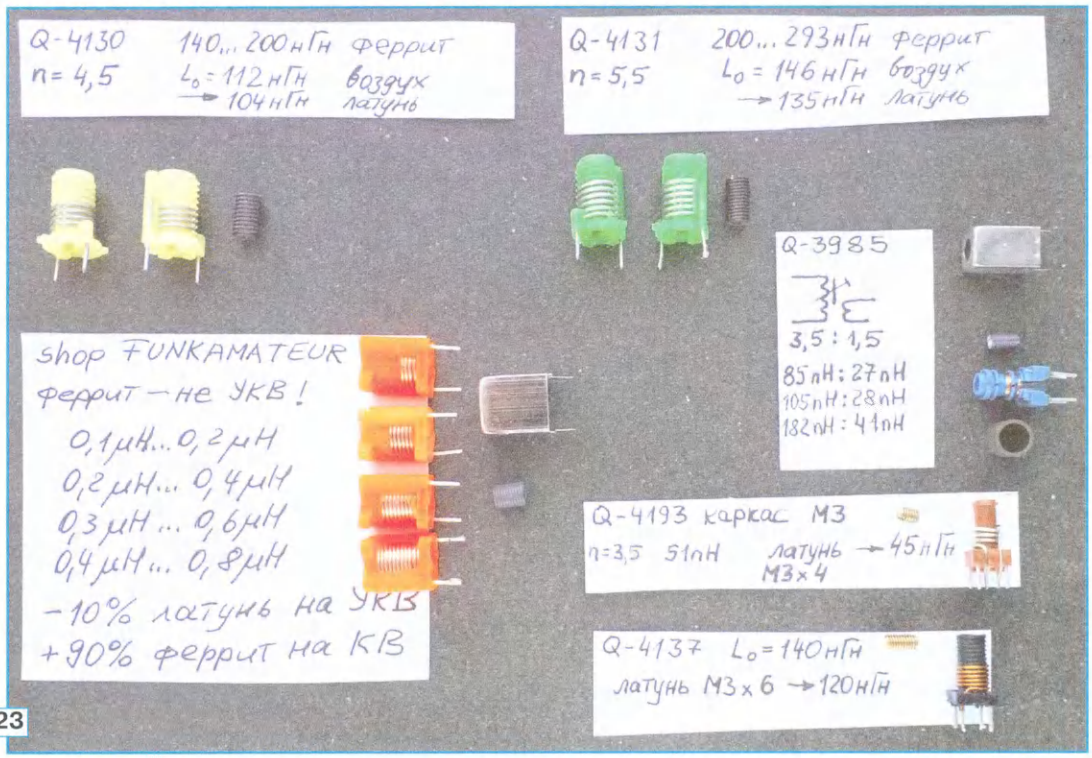


Рис. 23

Рис. 24

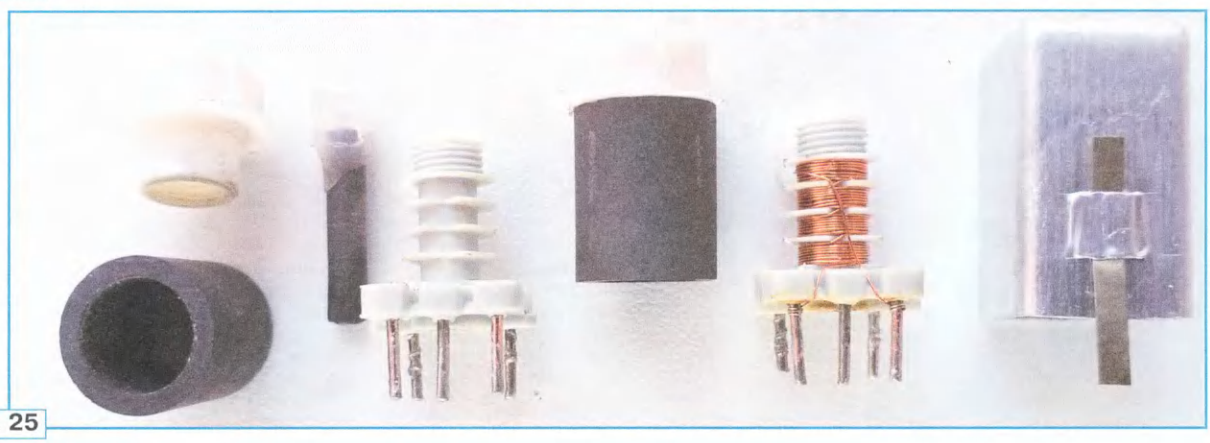


Рис. 25

жении частоты с увеличением индуктивности. Это изделие в оригинальном исполнении хорошо подходит для входного контура приёмника на среднечастотных КВ-диапазонах, к его отводу напрашивается подключить телескопическую антенну. "Гантель" имеет достаточный размер для обмотки проводом диаметром 0,1...0,15 мм для получения хорошей добротности на КВ.

На частотах менее 1 МГц эффективность феррита снижается, и собст-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

венная добротность с этим изделием более 100 никак не получается (L = 330 мкГн) несмотря на хорошо замкнутый большой магнитопровод. Для трансформаторного режима это отличный вариант. В целом это изделие является хорошей "таблеткой от всего" в ремонтном комплекте для диапазона частот 0,4...25 МГц. Оно годится для применения в многоконтурном LC-фильтре для УПЧ ЧМ с полосой пропускания 300 кГц и для полосовых фильтров на отдельно взятые КВ-диапазоны.

4.5. КПИ диапазона УКВ

Конструктивное исполнение КПИ диапазона УКВ бывает очень разным (**рис. 23**), их индуктивность обычно не превышает 0,5 мкГн, типично — 0,05...0,2 мкГн. Если КПИ УКВ имеет подстроечник из феррита или другого магнитодиэлектрического материала, её нужно перепроверить, не факт, что подстроечник повышает добротность, может оказаться добротность 20...30 на УКВ несмотря на посеребрённый провод.

4.6. Отечественные АМ КПИ в корпусе с основанием размера 12×12 мм

Отечественные КПИ для КВ-диапазонов (и ЧМ УПЧ) с такими экранами не могут обеспечить высокую добротность из-за влияния экрана, и замена на импортную КВ-КПИ будет сопровождаться улучшением по добротности, но придётся параллельно контурной катушке установить резистор сопротивлением несколько килоом для возвращения штатной добротности.

Другая ситуация имеется для АМ КПИ, качество их ВЧ-параметров обычно отменное при механической исправности, а товарный вид часто не вдохновляет на их применение, но это всё поправимо. Этот формат корпуса можно считать стандартным в отечественной аппаратуре, при замене импортными изделиями можно применить КПИ в корпусе с основанием 10×10 мм, по выводам катушки и экрана эти КПИ легко адаптировать к старой печатной плате.

КПИ для многоконтурных LC-фильтров из приёмников "Океан" подлежат ревизии и ремонту (**рис. 24**, слева), что нельзя сказать о другом исполнении (рис. 24, справа) с изобильным применением клея, им путь только в донорство.

Но если потребуются КПИ для отечественных АМ-приёмников или качественных собственных проектов (в том числе и ламповых), почти идеальный результат нашёлся в раскопках прошлого века в виде семейства отечественных КПИ Q-4386 и Q-4172 (**рис. 25**), их массово предлагают под разными наименованиями, очень удобно их переделать и монтировать.

Интермодуляция в магнитопроводе этих КПИ практически отсутствует при размахе сигнала 10 В с АМ 80 %, когда LC-контур работает с нагруженной добротностью Q_L = 35 в составе диодного АМ-демодулятора — это рекорд для общедоступных КПИ. При использовании литцендрата 6×0,05 мм можно получить собственную добротность 200 на частоте 465 кГц. В многовитковом исполнении штатная удельная индуктивность A_L = 16...19 нГн/n^2, для индуктивности 240 мкГн нужны 124 витка (замена КПИ в тракте АМ УПЧ в приёмниках "Океан"). У этих КПИ интервал подстройки небольшой, зато благодаря габаритам сама индуктивность — качественная.

5. Заключение

Надеюсь, что приведённые материалы развязали многим радиолюбителям руки для завершения с отличным результатом давно отодвинутых радиопроектов.

В следующем разделе о радиокомпонентах прошлого рассказ пойдёт о радиочастотных диодах. Приводится малоизвестная, но крайне полезная информация, и как всегда, разберёмся с мифами и недосказанными предположениями.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Лохни Х.** Радиоприёмники семейства "Океан" и Selena. Часть 6. УКВ-блок. — Радио, 2023, № 11, с. 9—19.

2. **Лохни Х.** Универсальный УКВ-блок для радиоприёмников "Океан"/Selena. Монтаж и налаживание. — Радио, 2024, № 6, с. 13—22.

3. **Лохни Х.** УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 1. — Радио, 2024, № 7, с. 9—15.

4. **Лохни Х.** УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 2. — Радио, 2024, № 8, с. 11—19.

5. **Лохни Х.** УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 3. — Радио, 2024, № 9, с. 21—26.

***От редакции**. Дополнительный справочный материал находится по адресу **http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/rpu.zip** на нашем FTP-сервере.*

Конвертер файлов Sprint-Layout—Autocad

В. РУБАШКА, г. Лисичанск, ЛНР

При разработке любой радиолюбительской конструкции неизбежно возникает вопрос приобретения для неё корпуса. Казалось бы, что в наше время с этим проблем нет. В специализированных магазинах можно приобрести корпуса различных размеров, пластиковых или металлических. Тем не менее, бывают ситуации, когда готовый корпус подобрать не удаётся. Особенно, если он не прямоугольной формы. В таких случаях на помощь приходит 3D-принтер. Если его нет в личной мастерской, то можно найти организацию, которая выполнит заказ. Но вначале нужно разработать модель корпуса. В этом случае придётся предоставить чертежи и файлы с указанием размеров в разных проекциях, разрезы, сечения и прочую документацию. Разработка модели займёт немало времени, средств и нервов. Конечно, лучше самому освоить программу трёхмерного моделирования и заниматься разработкой корпусов самостоятельно.

Если корпус простой, смоделировать его не составит особого труда. Другое дело, если корпус сложной формы, да ещё с большим числом отверстий для элементов управления и индикации. Придётся делать двойную работу. Сначала надо разработать плату, а затем перенести все элементы и размеры в программу моделирования корпуса. Или сначала разработать корпус, а в соответствии с ним — плату. Подобная задача возникла при изготовлении устройства [1] в процессе переноса контуров сложной платы с программы Sprint-Layout в Autocad. Готового решения найти не удалось, поэтому пришлось всё делать самостоятельно.

Хорошо, что в программе Sprint-Layout возможен экспорт чертежа платы в текстовый файл через пункт меню "Сервис". На выходе получается текстовая информация обо всех элементах платы. Каждый элемент расположен на новой строке и включает в себя информацию о слое, координатах, толщине линии и т. д. Для переноса информации в Autocad нужно прочитать построчно весь файл и конвертировать данные в понятный для него формат. Autocad позволяет работать с командной строкой. С помощью простых тестовых команд рисуются линии, круги, дуги и другие фигуры.

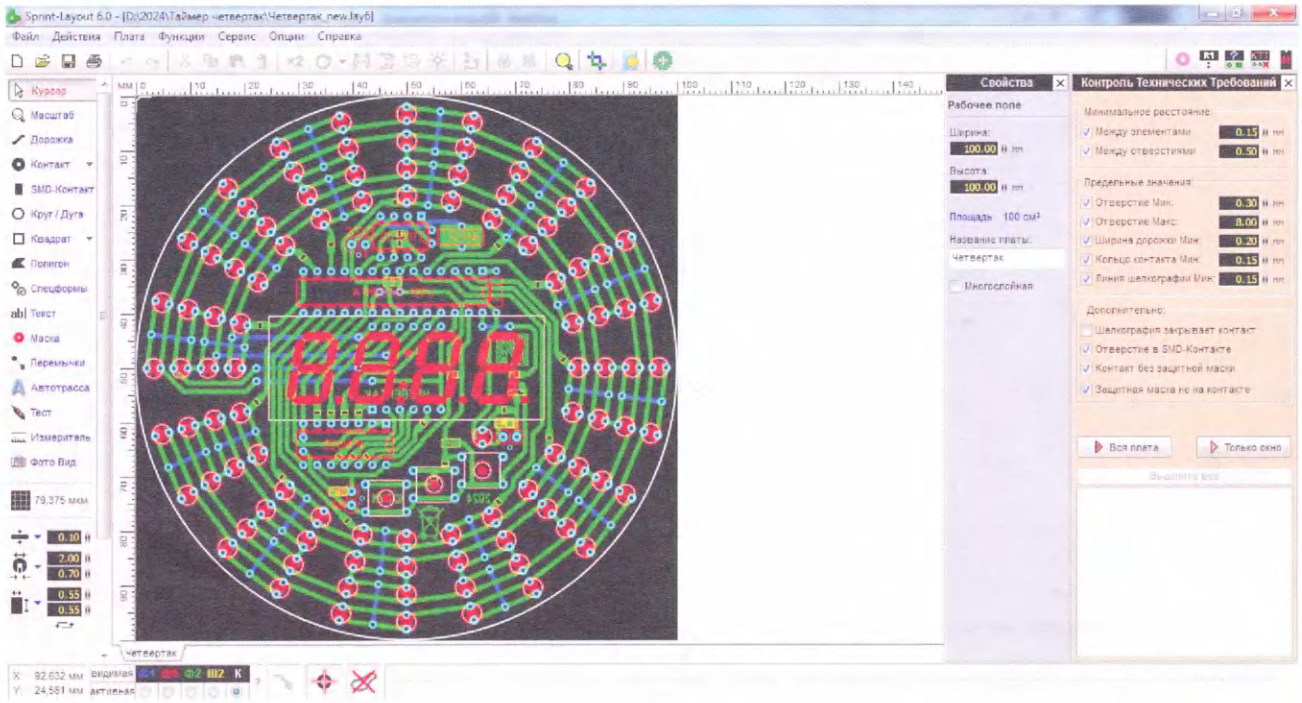


Рис. 1

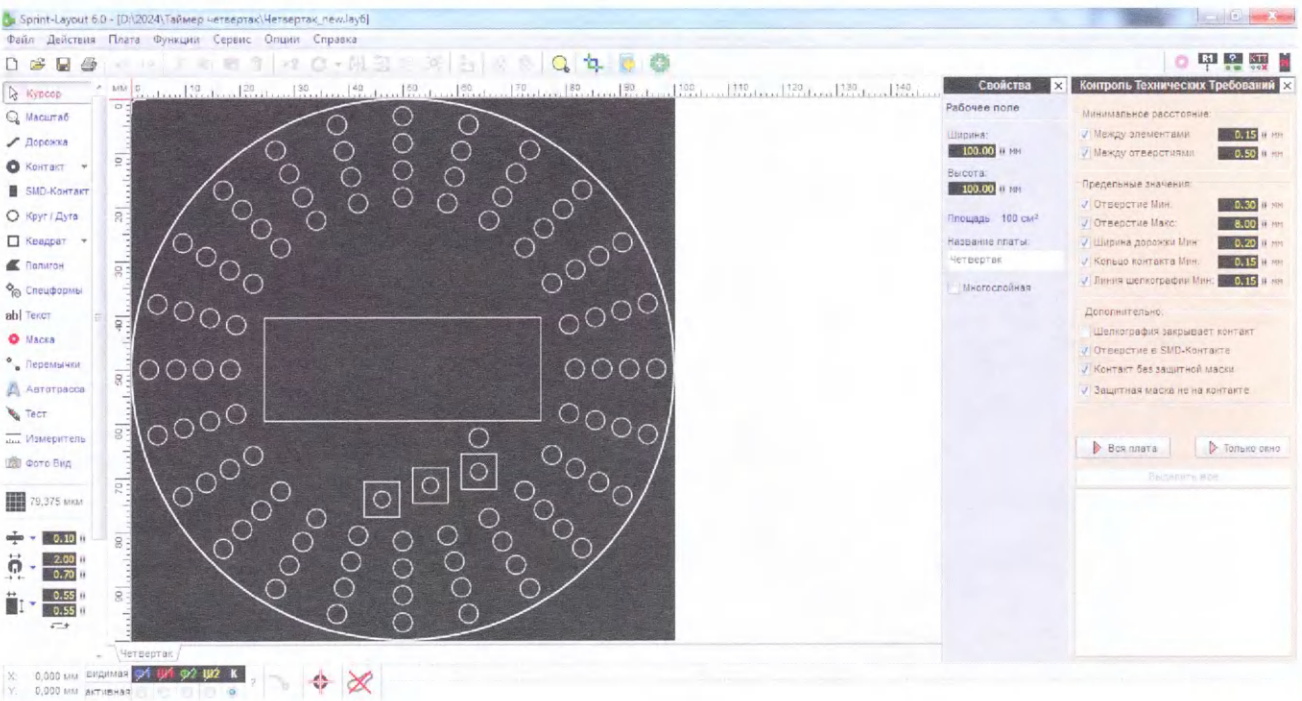


Рис. 2

Для разработки конвертера можно использовать практически любой язык программирования. Он должен уметь работать с файлами, обрабатывать текст и выполнять математические функции. Использовать тяжеловесную Microsoft Visual Studio не хотелось, поэтому выбор пал на сервер сценариев WSH — Windows Script Host [2]. Был использован стандартный встроенный язык Visual Basic Script Edition — VBScript. С помощью WSH сценарии могут быть обработаны непосредственно в ОС Windows. Программа была написана в "Блокноте", отладка велась с помощью сообщений — "WScript. Echo()". При этом ничего не нужно скачивать или устанавливать. Размер сценария может изменяться от одной до нескольких тысяч строк. Очень удобный инструмент для повседневных задач при написании небольших программ.

Начинаем разбираться, как представлены данные в текстовом файле

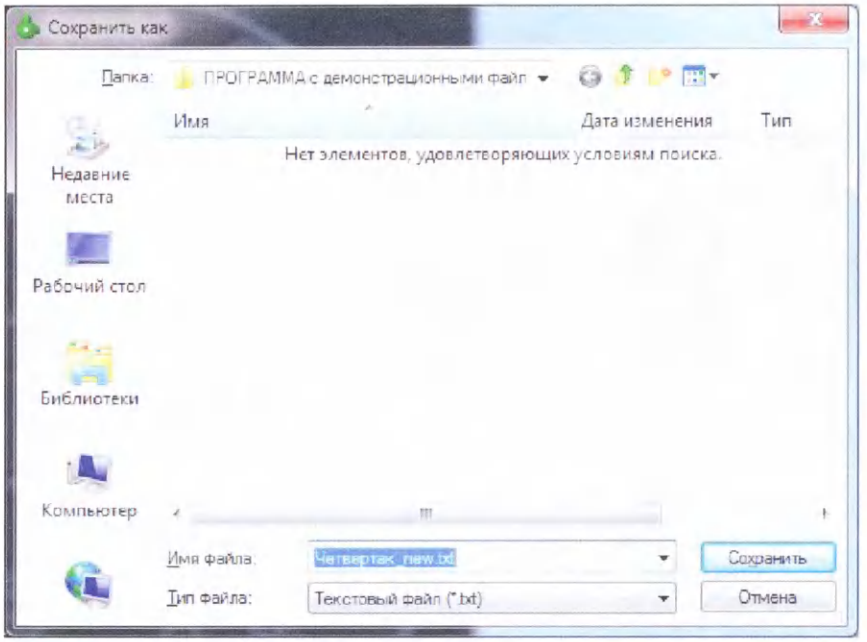


Рис. 3

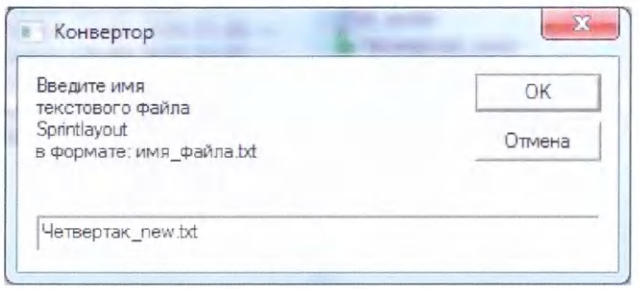


Рис. 4

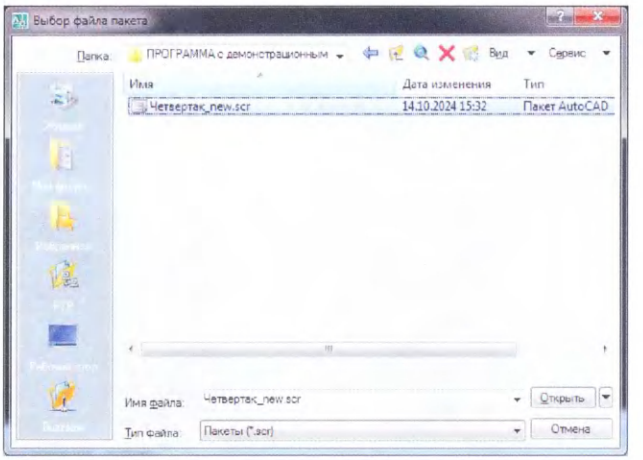


Рис. 6

Sprint-Layout. Каждая строка файла описывает набор свойств примитива, включая его геометрию. Свойства разделены запятыми. На первом месте набора находится тип примитива. Всего здесь семь типов:

— Дорожка (Track);
— Контакт (Pad);
— SMD контакт (SMD Pad);
— Круг/дуга (Circle);
— Прямоугольник (Rectangle);
— Полигон (Zone);
— Текст (Text).

Спецформы своего типа не имеют, а образуются из других примитивов. Практика показала, что для контура платы и посадочных мест или отверстий достаточно дорожек и кругов/дуг. Поэтому в программе будем анализировать только те строки, которые описывают эти типы. Игнорируем элемент Pad и SMD Pad — контактная площадка не должна быть на слое "Контур". Игнорируем элемент Text — передать отрезками его не получится, так как есть только точка вставки, высота и сам текст. Игнорируем элемент Zone, для контура платы залитый полигон не нужен. Следующий элемент набора — "Слой". Нас интересует слой контура (LAYER=7). Остальные слои не обрабатываем. Правильно, если контур платы нарисован на слое "K". Не учитываем вес (толщину) линий примитива

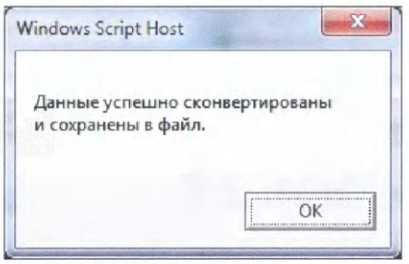


Рис. 5

Width. Для построения тел в Autocad в этом нет необходимости. Далее идут параметры геометрии, индивидуальные для каждого примитива.

Круг имеет параметры — центр и радиус (Center, Radius). Дуга — частный случай круга, может быть указан начальный или конечный угол, или оба угла (Start, Stop). Дугу в Autocad рисуют по трём точкам: начало, центр и конец. Поэтому нужно будет по исходным данным (центр, радиус и углы начала/конца) вычислить координаты трёх точек. Формула вычисления взята из школьного курса геометрии.

x = center_x + radius * Cos(Pi/180 * ugol);

y = center_y – radius * Sin(Pi/180 * ugol),

где x, y — искомые координаты точки начала или конца дуги;

center_x, center_y — координаты центра дуги;

radius — радиус дуги;

ugol — начальный или конечный угол дуги;

Pi = 3.1415926.

Дорожки, прямоугольник и спецформы могут состоять из нескольких отрезков. Если в описании присутствуют координаты двух точек, то это один отрезок, три точки — два отрезка и т. д.

Ещё одна особенность — координаты по вертикали в Autocad и Sprint-Layout не совпадают, поэтому приходится вертикальную координату делать отрицательной путём умножения на минус один.

После анализа строки необходимо сформировать текст для отрисовки примитива, понятного Autocad. Пример для линии, круга и дуги приведён ниже:

```
_line 150.0,150.0 250.0,250.0
350.0,350.0
_circle 350.0,350.0 35
_arc 150.0,150.0 250.0,250.0
200.0,300.0
```

Алгоритм работы конвертера. В программе Sprint-Layout на слое "K" (Контур) рисуют контуры платы, отверстия для крепежа, посадочные места элементов управления и индикации (**рис. 1**, **рис. 2**). Затем сохраняют файл через пункт меню "Сервис→Экспорт" платы в текстовый файл (**рис. 3**). Этот файл необходимо поместить рядом с программой-конвертером (**sl_acad.vbs**). После запуска конвертера в открывшемся окне необходимо ввести имя полученного текстового файла (**рис. 4**). После нажатия на кнопку "OK" программа прочитает и обработает файл. Затем

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

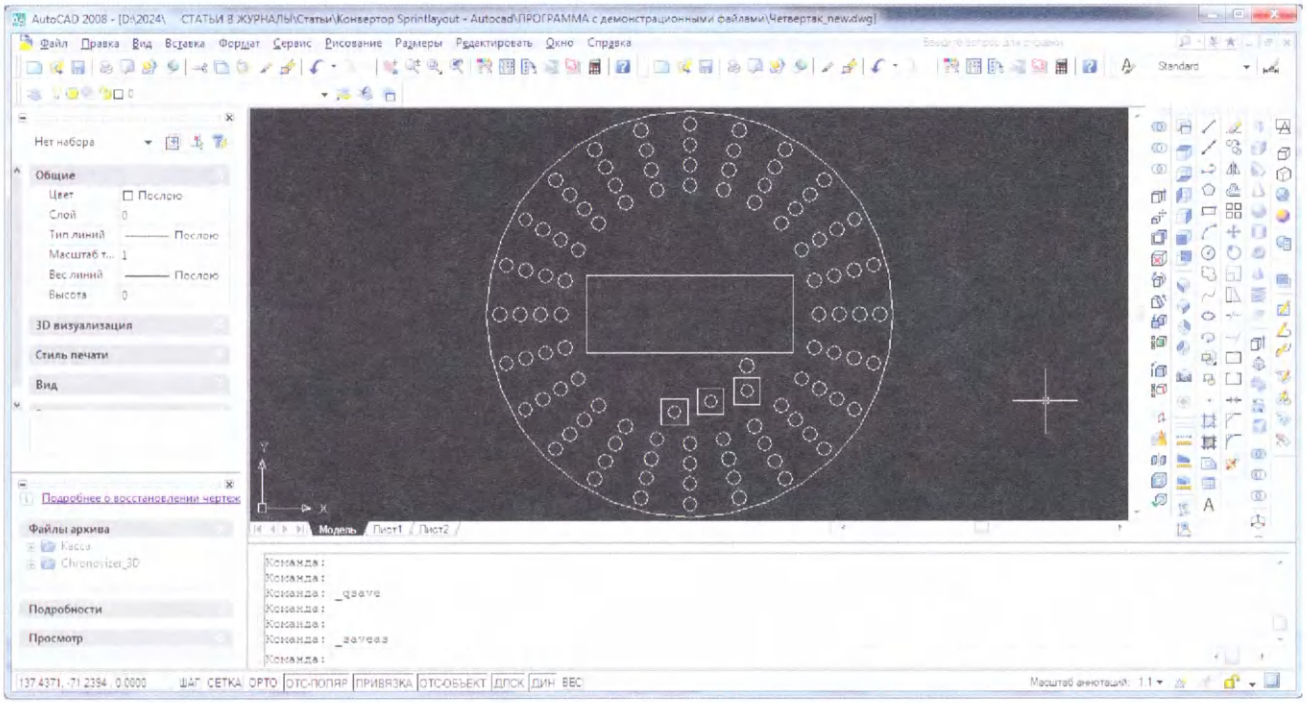


Рис. 7

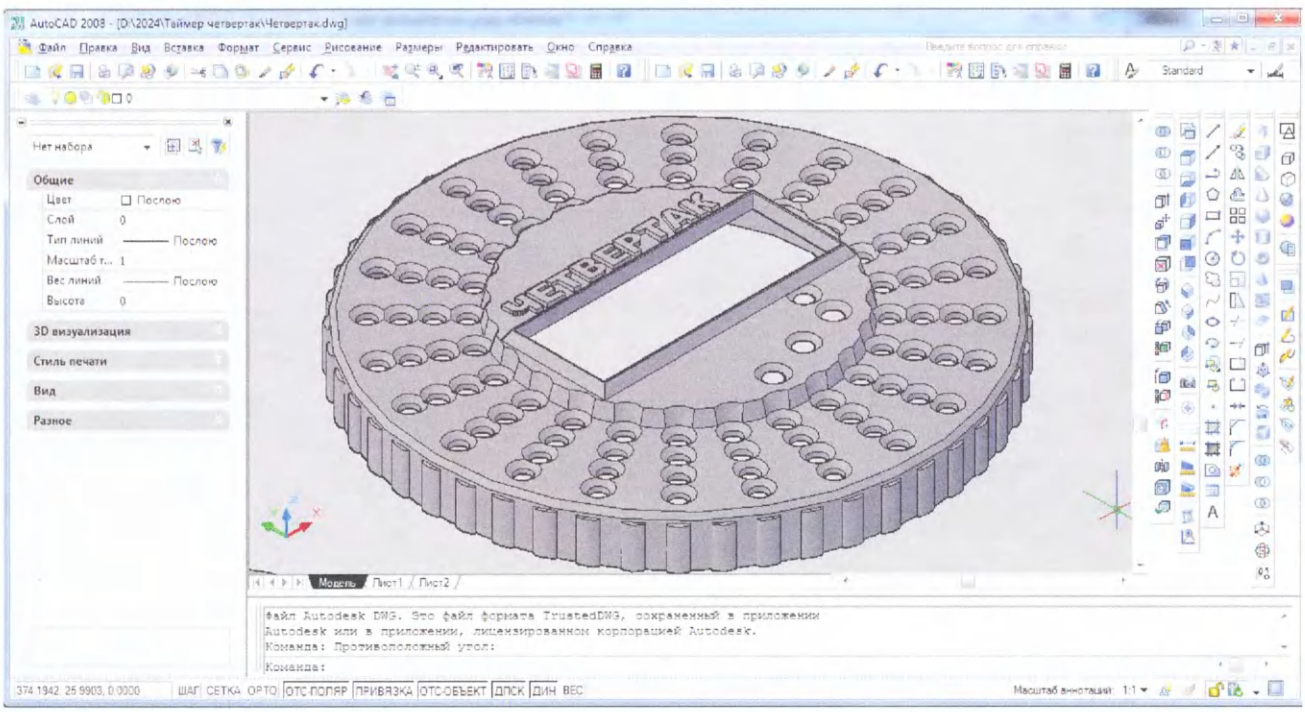


Рис. 8

сформирует новый файл в формате ASCII, рядом с исходным (**рис. 5**) и с таким же именем, но с расширением **.scr**.

Программа создаёт окно для ввода имени файла (**f_name = InputBox (txt_do,"Конвертер"**)). После ввода имени файл читается построчно (**Do While Not TextStream. AtEndOfStream — Loop**). Проводится анализ текущей строки на принадлежность слою "К-контур" (**If ms_sline(1) ="LAYER=7"**). Если строка содержит данные круга или дуги, выполняется функция **new_Circle (if ms_sline(0) = "CIRCLE" Then new_Circle(ms_sline)**). А если строка содержит данные линии, будет работать функция **new_Track (if ms_sline(0) = "TRACK" Then new_ Track(ms_sline)**). Функции обработки круга и линии читают геометрические данные формата Sprint-Layout и преобразовывают их в формат, понятный для Autocad. Далее добавляют в перемен-

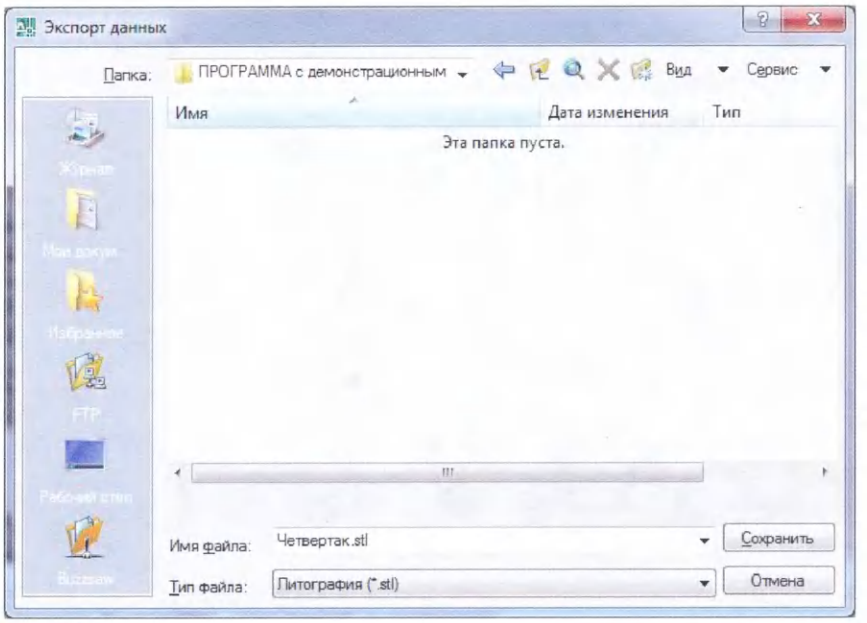


Рис. 9

ную **OutText** полученные данные. После обработки всех строк создаётся новый файл, и в него записывается полученный в результате конвертации результат из этой переменной (**set a = fso.CreateTextFile(Replace(f_name,".txt",".scr"))**). В конце выводится сообщение об успешной конвертации (**WScript.Echo ("Данные успешно сконвертированы" & vbCrLf & "и сохранены в файл.")**).

Запускают Autocad, и в нём открывают сконвертированный файл через меню "Сервис→Пакет..." (**рис. 6**). После отрисовки примитивов в Autocad (**рис. 7**) их нужно объединить в полилинию. Для построения тела на основе контура с использованием отрезков или дуг служит параметр "Соединить" команды "Полред", чтобы преобразовать их в единый объект полилинии. Это необходимо сделать перед использованием команды "Выдавить". Работа с 3D-объектами в Autocad в этой статье не рассматривается. После создания трёхмерной модели корпуса (**рис. 8**) его нужно экспортировать в файл литографии (**.stl**) (**рис. 9**). При этом созданный 3D-объект должен находиться в положительных координатах. Полученный файл можно использовать для подготовки к работе на 3D-принтере или фрезерном станке.

Если понадобится обратное преобразование, из Autocad в Sprint-Layout, нужно написать аналогичный конвертер. Проще всего это сделать в Autocad с помощью встроенного языка VBA [3]. После анализа и преобразования данных примитивов Autocad на выходе должен получиться текстовый файл. В программе Sprint-Layout необходимо воспользоваться функцией "Сервис → Импорт платы из текстового файла". Если такой конвертер будет востребован читателями, автор постарается его реализовать.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Рубашка В.** Суточный таймер "Четвертак". — Радио, 2024, № 8, с. 44—49.

2. **Попов А.** Windows Script Host для Windows 2000/XP". — С.-Пб.: БХВ-Петербург, 2004.

3. **Климачева Т. Н.** Трехмерная компьютерная графика и автоматизация проектирования на VBA в AUTOCAD. — М.: ДМК Пресс, 2008.

От редакции. *Файл конвертера и демонстрационные файлы находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/convert.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Самодельный двухкассетный магнитофон-приставка

Э. АДИГАМОВ, г. Ташкент, Узбекистан

Цель разработки — создание аппарата, не уступающего по своим основным характеристикам промышленным аппаратам 0 и 1 группы сложности по ГОСТ 24863-87, с индивидуальным дизайном и удобством в эксплуатации (**рис. 1**).

Механическая основа — два лентопротяжных механизма (ЛПМ) БС-02 от магнитофона-приставки "Вега" (**рис. 2**). ЛПМ — беспассиковые трёхмоторные с синхронными электродвигателями и прямым приводом ведущего вала, что является бесспорным преимуществом перед другими ЛПМ аналогичного назначения, на основе которых можно создать аппарат магнитной записи с высокими эксплуатационными характеристиками.

Основные технические характеристики магнитофона-приставки

Двухкассетный, панель ЛПМ "А" — воспроизведение, панель ЛПМ "В" — запись—воспроизведение;

Линейный выход: переключаемый на "Внешний", "А" или "В";

Дополнительные функции: отключаемая компандерная система шумопонижения К20. Отключаемый пятиполосный эквалайзер. Выбор типа ленты;

Номинальная скорость движения ленты, см/с . . . .4,76 ± 0,06 %

Коэффициент детонации, Кд, % 0,06

Диапазон воспроизводимых частот по уровню –20 дБ, Гц (при затухании на ВЧ –3 дБ) . . . . . 30...18000

Отношение сигнал/шум невзвешенное на линейном выходе относительно 250 мВ, дБ . . . . . –55

Входное напряжение внешнего источника, мВ . . . . . .150...2000

Номинальное выходное напряжение панелей "А" и "В" на линейном выходе, мВ 250

Центральные частоты эквалайзера, кГц 0,04; 0,2; 1; 4,5; 16

Индикатор уровня сигнала, десятиразрядный, дБ . . . . .–20...+5

Габаритные размеры, мм . . . . . .380×315×130

Масса, кг 8,5

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 1

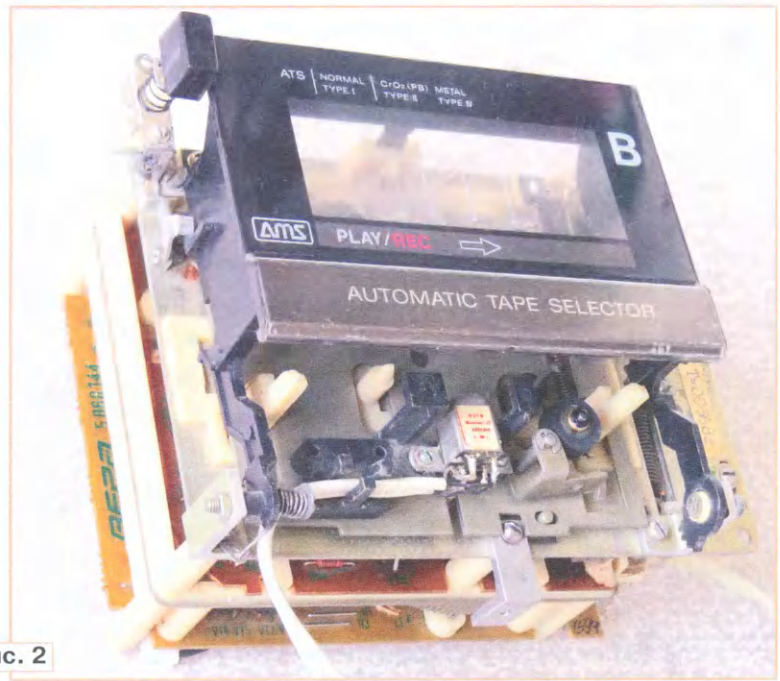


Рис. 2

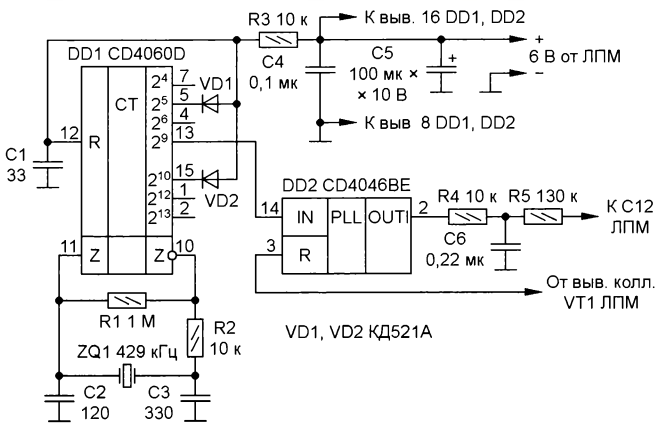


Рис. 3

Системы управления ЛПМ применены от "Веги МП-122". Штатная система автоматического регулирования частотой вращения (ЧВ) ведущего вала дополнена фазовым каналом (ФК) на основе микросхем CD4046 и CD4060. Схема приведена на **рис. 3**. В качестве задающего частоту генератора ФК применён керамический резонатор на 429 кГц. Теоретическая частота с датчика ЧВ ЛПМ при номинальной скорости ленты 4,76 см/с равна 812,04 Гц. При делении частоты 429 кГц на 528 делителем на CD4060 получено значение 812,5 Гц. Теоретическое отклонение ЧВ ведущего вала не превышает 0,06 %. Измеренный программой Wow&Flutter meter коэффициент детонации Кд — не более 0,06. Частоту подстраивают конденсатором С3 — грубо, а конденсатором С2 — точно. Из-за узкой полосы захвата ФАПЧ ЛПМ должен быть полностью исправным и отрегулированным, чтобы нестабильность частоты не превышала ±1 Гц. Также необходимо ввести температурную коррекцию, поскольку температурный дрейф частоты в интервале температур 20...40 °С равен +2,5 Гц, у других экземпляров ЛПМ он доходил до +4 Гц. Предлагаемый ФК по принципу действия не может отрабатывать такие большие изменения частоты: 812,1 (+2,5 Гц дрейф) и (±1 Гц нестабильность). Для температурной коррекции по схеме ЛПМ БС02 необходимо включить германиевый диод Д9 с любым буквенным индексом в разрыв между резистором R27 и линией питания +6 В, анодом к линии питания либо применить прецизионный стабилизатор +6 В. Резистор R28 нужно заменить на многооборотный, настройка ФК крайне чувствительна к регулировке. На **рис. 4** приведена осциллограмма сигнала на выв. 11 DD1, на **рис. 5** — осциллограмма сигнала на выв. 3 DD2, на **рис. 6** — осциллограмма сигнала на выв. 2 DD2.

ФК собран на отрезке макетной платы, фотография собранной платы приведена на **рис. 7**.

Можно применить резонатор на частоту 3,579545 МГц. В этом случае диоды подключают катодами к выходам 2^4, 2^5, 2^6, 2^9 и 2^{13} микросхемы DD1 (CD4060), ёмкость конденсаторов С2 и С3 уменьшают до 22 пФ, сопротивление резисторов R1 и R2 увеличивают до 2 МОм и 22 кОм. Выходной сигнал снимают с выхода 2^{12}. В этом случае теоретическая частота равна 812,06 Гц.

Электронная основа магнитофона-приставки — устройства из цикла статей авторов Валентина и Виктора Лексиных, а также автора множества статей по звукотехнике Николая Сухова. Ниже приведён состав блоков электронной части:

— усилитель воспроизведения (УВ-А) [1],

— усилитель воспроизведения (УВ-В) [2],

— предварительный усилитель (ПУ), усилитель записи (УЗ) [3],

— генератор стирания и подмагничивания (ГСП) [4],

— индикатор уровня сигнала (ИУС) [5],

— блок питания (БП) [6],

— система динамического подмагничивания (СДП1) [7],

Рис. 4

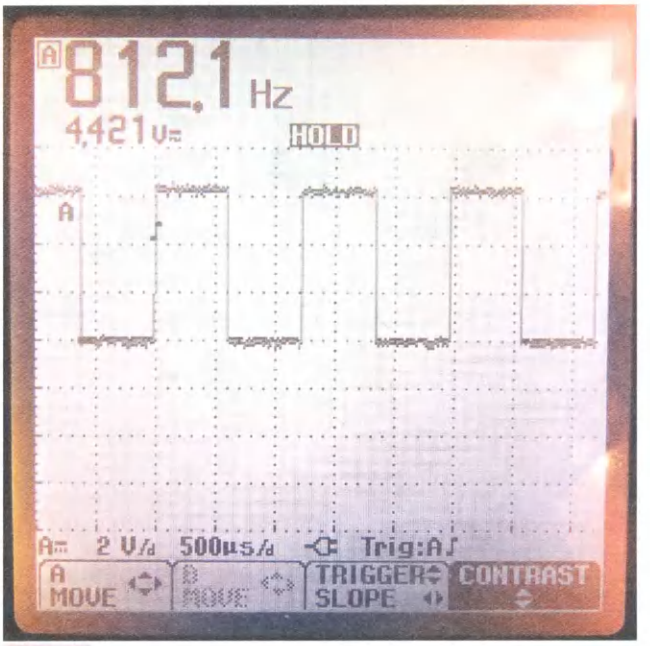


Рис. 5

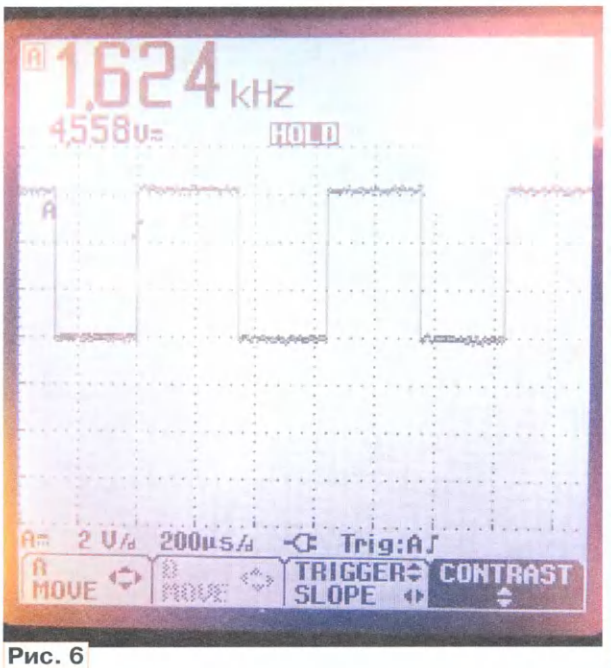


Рис. 6

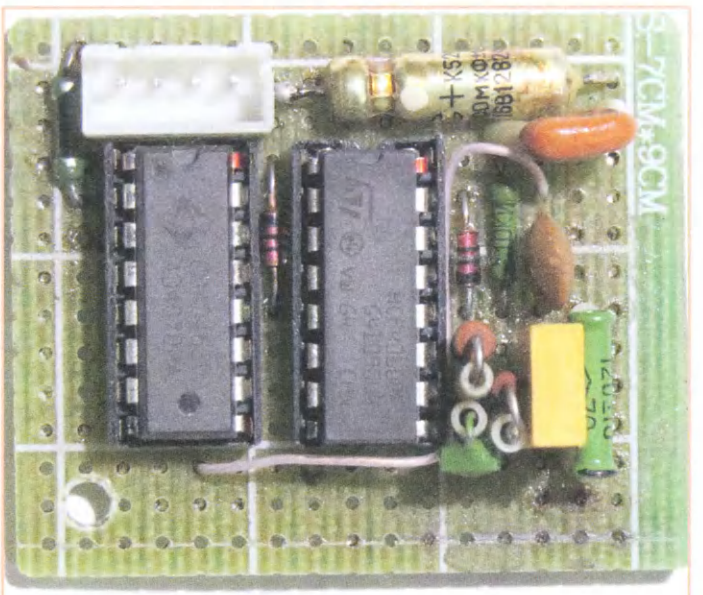


Рис. 7

— компандерная система шумопонижения (К20) [8],

— межблочный коммутатор на К547КП1Б — собственная разработка,

— табло индикации собственного изготовления, совмещённое с пятиполосным эквалайзером [9].

Фотографии плат магнитофона-приставки приведены на **рис. 8**.

УВ-А [1] разработан так, чтобы его плата по размерам соотносилась с блоками [2], а по расположению контактов разъёма МРН-14 была полностью взаимозаменяема. Для этого исходная плата УВ, приведённая в статье [1], была полностью переработана. Для экономии места на плате вместо ОУ К157УД2 были применены малогабаритные ОУ К574УД2. Фотографии платы приведены на **рис. 9** и **рис. 10**.

УВ-В [2] представляет собой существенно улучшенный УВ Nakamichi 480. На месте разделительного конденсатора С5 применён К52-1Б, это дало снижение невзвешенного напряжения шума на выходе УВ по сравнению с алюминиевым конденсатором на 1,5 дБ. Повышенный коэффициент гармоник $K_Г$ этого УВ, отмеченный автором в статье [1], не соответствует проведённой им же методике испытаний. Испытания Н. Сухова проводились при подаче на вход сигнала уровнем в 1 мВ, что превышало на 12 дБ номинальное значение 0,23 мВ для УВ [2]. В результате этого получены повышенные значения $K_Г$. Иными словами, для УВ [1] номинальный уровень 0 дБ соответствует входному напряжению 1 мВ, а для УВ [2] входное напряжение 1 мВ соответствует перегрузке +12 дБ. В результате перегрузка по входному напряжению УВ [2] способствовала росту измеренного Н. Суховым коэффициента гармоник. При номинальном входном напряжении 0,23 мВ и уровне в 0 дБ $K_Г$ УВ Вал. и Вик. Лексиных значительно меньше и примерно соответствует на приведённых Н. Суховым диаграммах для УВ Вал. и Вик. Лексиных при уровне –10 дБ. Фотографии платы приведены на **рис. 11** и **рис. 12**.

В УЗ [3] вместо ОУ К553УД1 применены К544УД1, по цоколёвке подходя-

Рис. 8

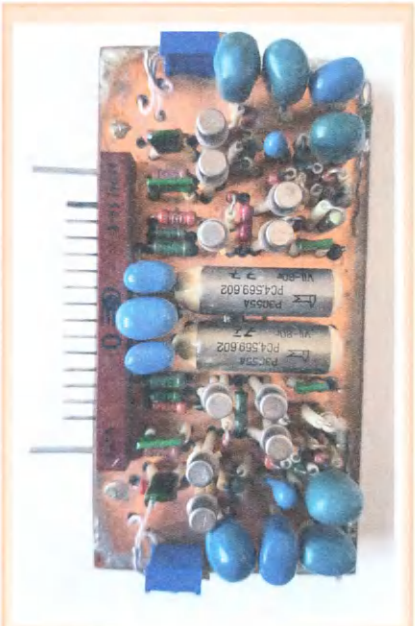


Рис. 11

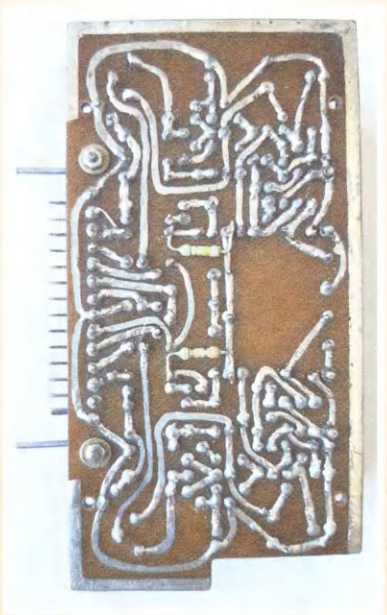


Рис. 12

Рис. 9

Рис. 10

щие в имеющиеся для ОУ отверстия платы. ПУ, кроме штатного по схеме ФНЧ, дополнен активным режекторным фильтром для возможности записи ЧМ-фонограмм с компандером [10]. Плата соответствующим образом изменена. Имеющийся микрофонный усилитель в ПУ вместо прямого назначения использован в качестве нормирующего усилителя для УВ-А с соответствующим изменением схемы включения. Для УВ-В в качестве нормирующего усилителя используется компандер К20. Фотографии платы УЗ приведены на **рис. 13** и **рис. 14**, а фотографии платы ПУ приведены на **рис. 15** и **рис. 16**.

Рис. 13

Рис. 14

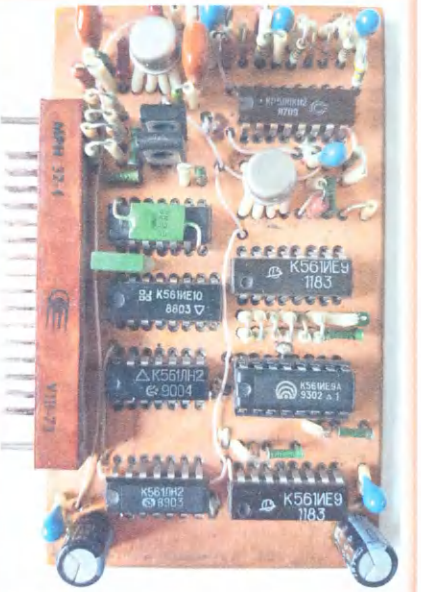


Рис. 17

Рис. 15

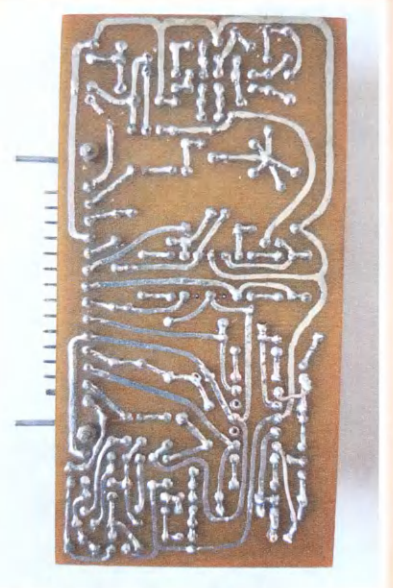


Рис. 16

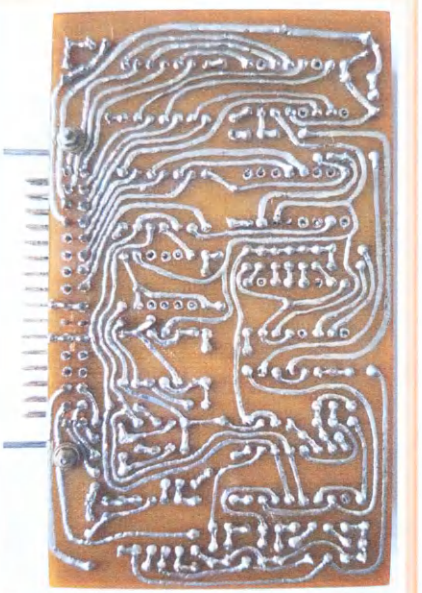


Рис. 18

ИУС [5] выполнен на цифровых микросхемах, для чего была специально разработана плата, которая по размерам соотносилась с другими блоками Вал. и Вик. Лексиных. Разъём на плате применён МРН-32 для соединения с другими блоками и табло индикации. В ИУС также применён малогабаритный ОУ К574УД2. Фотографии платы приведены на **рис. 17** и **рис. 18**.

СДП1 [7] применена, несмотря на множество последующих публикаций на тему динамического подмагничивания, как ранее хорошо зарекомендовавшая себя надёжностью и гибкостью налаживания для любой по желанию характеристики регулирования тока подмагничивания. Фотографии платы приведены на **рис. 19** и **рис. 20**.

Для компандера К20 [8] плата была полностью переработана для соответствия по размерам другим блокам. Фотографии платы приведены на **рис. 21** и **рис. 22**.

Все электронные блоки — съёмные на разъёмах, что очень удобно при налаживании и профилактике. Ответные части разъёмов установлены на днище корпуса на стойках и соединены между собой согласно разработанной схеме соединений (**рис. 23**). Расположение блоков внутри корпуса выбрано так, чтобы обеспечить минимальное влияние полей рассеяния трансформатора на УВ (**рис. 24**). Электронные блоки предварительно налаживались индивидуально. После окончательного межблочного электрического монтажа внутри корпуса магнитофон-приставка налаживался в комплексе согласно методикам, указанным в соответствующих статьях.

С целью уменьшения длины проводных сигнальных связей между блоками и упрощения коммутации было принято решение отказаться от коммутации сигнальных линий механическими переключателями П2К и перейти на электронную коммутацию, применив электронные ключи на микросхеме К547КП1Б. Схема электронного коммутатора показана на **рис. 25**.

Рис. 19

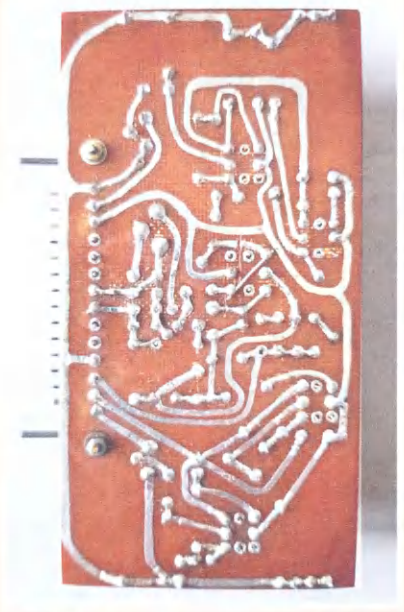


Рис. 20

Рис. 21

Рис. 22

Наименование	Номинальное напряжение линейного выхода, мВ	Напряжение шума на линейном выходе, мВ	Напряжение шума невзвешенное на линейном выходе относительно номинального, дБ
Самодельный двухкассетный магнитофон-приставка	250	0,44	-55
Романтика 220	500	2,25	-47
JVC TD V662	300	1,25	-48

Элементы 8XP14, VD1, VD11, VT9, R42, обведённые на схеме штрихпунктирной линией, относятся к блоку управления ЛПМ в "Вега МП-122". Механические переключатели П2К используются для переключения напряжения –12 В постоянного тока на соответствующие управляющие входы ключей К547КП1Б. Для этого была специально разработана плата коммутации, в которой осуществлялось переключение сигнальных цепей блоков между собой в необходимой последовательности. Переключающие группы, функционально аналогичные П2К, сформированы попарным соединением одиночных ключей в составе К547КП1Б. Таким образом, из четырёх имеющихся ключей в одном корпусе К547КП1Б сформированы две переключающие группы, аналогичные одной секции П2К. В схеме блока коммутации были приняты специальные меры для выполнения условий применения К547КП1Б, описанные в [11]. На плате имеется разъём МРН-32. Фотографии платы приведены на **рис. 26** и **рис. 27**.

Табло индикации, совмещённое с регуляторами пятиполосного эквалайзера, выполнено на одной съёмной плате, включающей в себя также регуляторы уровня записи в режиме записи, совмещённые в режиме воспроизведения с регуляторами громкости телефонов. Подсветка табло индикации выполнена на лампах СМН-6,3-20. Имеется светодиодная индикация состояния линейного выхода: "Внешний" — индикаторы не горят и сигнал на линейный выход подаётся с внешнего входа, "А" или "В" — сигнал на линейный выход подаётся с соответствующей кассеты. Это очень удобно в эксплуатации, видно, с какого источника идёт сигнал на линейный выход. Выход линии и регулируемый выход на телефоны выполнены отдельно. Фотографии платы приведены на **рис. 28** и **рис. 29**.

Блок питания состоит из тороидального трансформатора, имеющего независимые обмотки питания электронной части и системы управления ЛПМ, блока выпрямителей и стабилизатора блока питания [6]. Трансформатор прикреплён к задней стенке корпуса изнутри (см. рис. 24) с возможностью поворота вокруг оси для настройки по минимальному уровню воздействия полей рассеяния на электронные блоки. Фотографии платы стабилизатора БП приведены на **рис. 30** и **рис. 31**.

Также на **рис. 32** и **рис. 33** приведены фотографии платы ГСП, который расположен в задней части корпуса рядом с трансформатором на максимальном удалении от плат УВ.

Принятые меры обеспечили минимальное напряжение шумов 0,44 мВ на линейном выходе в режиме "СТОП", что соответствует невзвешенному отношению сигнал/шум –55 дБ относительно номинального напряжения 250 мВ. Проведено сравнение по этому показателю с другими промышленными магнитофонами-приставками (**таблица**).

Блок предохранителей и блок выпрямителей на диодах КД212А для электронных блоков и КД213А для системы

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

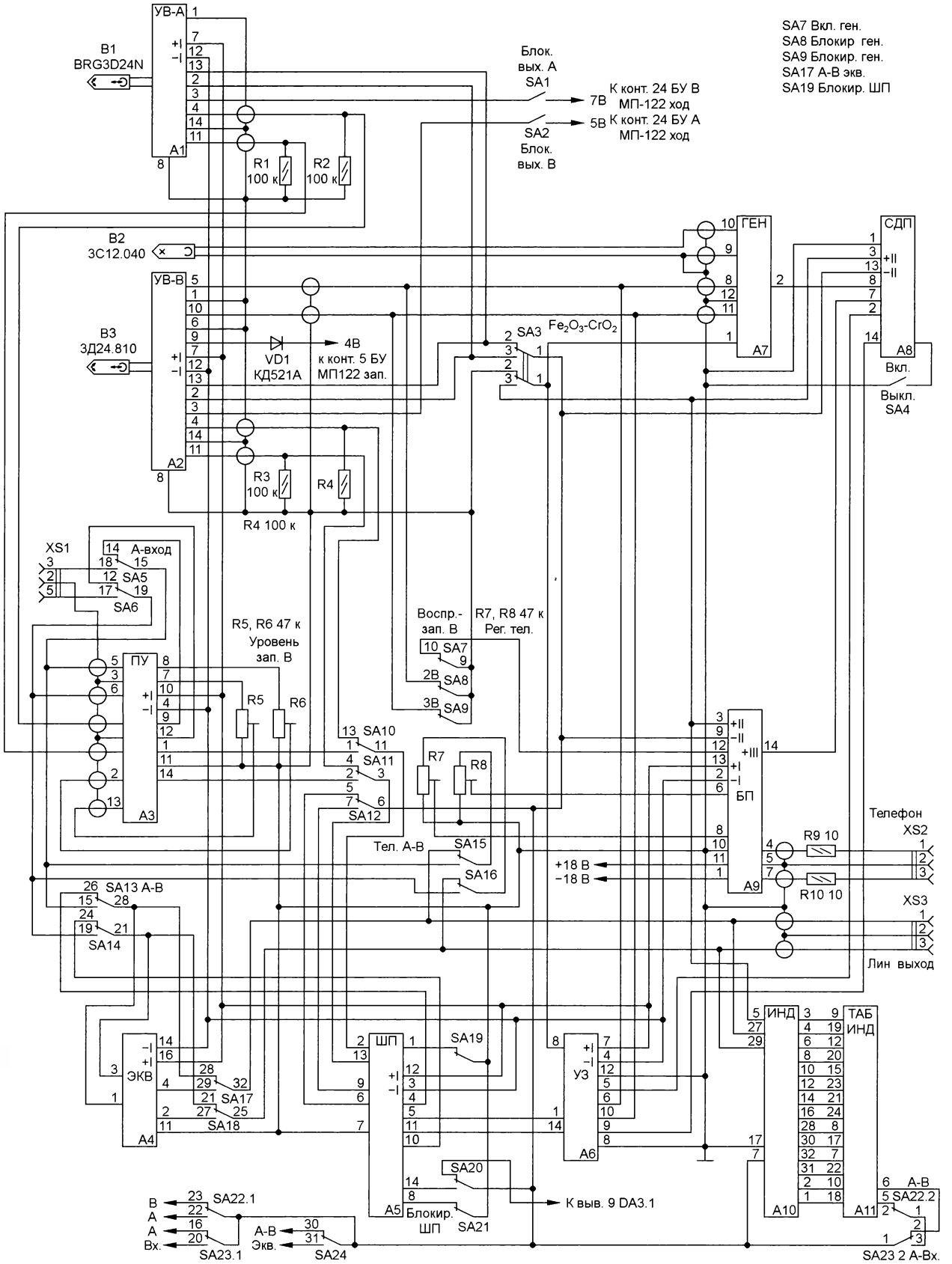

SA7 Вкл. ген.
SA8 Блокир ген.
SA9 Блокир. ген.
SA17 А-В экв.
SA19 Блокир. ШП
УВ-А
УВ-В
В1 BRG3D24N
В2 3С12.040
В3 3Д24.810
Блок. вых. А SA1
SA2 Блок. вых. В
7В К конт. 24 БУ В МП-122 ход
5В К конт. 24 БУ А МП-122 ход
R1 100 к
R2 100 к
R3 100 к
R4 100 к
VD1 КД521А
4В к конт. 5 БУ МП122 зап.
SA3 Fe_2O_3-CrO_2
ГЕН
СДП
Вкл.
Выкл. SA4
XS1
А-вход
SA5
SA6
ПУ
R5, R6 47 к Уровень зап. В
Воспр.- зап. В
R7, R8 47 к Рег. тел.
SA7
SA8
SA9
SA10
SA11
SA12
Тел. А-В
SA15
SA16
+18 В
−18 В
БП
Телефон XS2
R9 10
R10 10
XS3
Лин. выход
SA13 А-В
SA14
ЭКВ
SA17
SA18
ШП
SA19
УЗ
ИНД
ТАБ ИНД
SA20
SA21
Блокир. ШП
К выв. 9 DA3.1
SA22.1
SA23.1
А-В Экв.
SA24
SA22.2
SA23 2 А-Вх.

Рис. 23

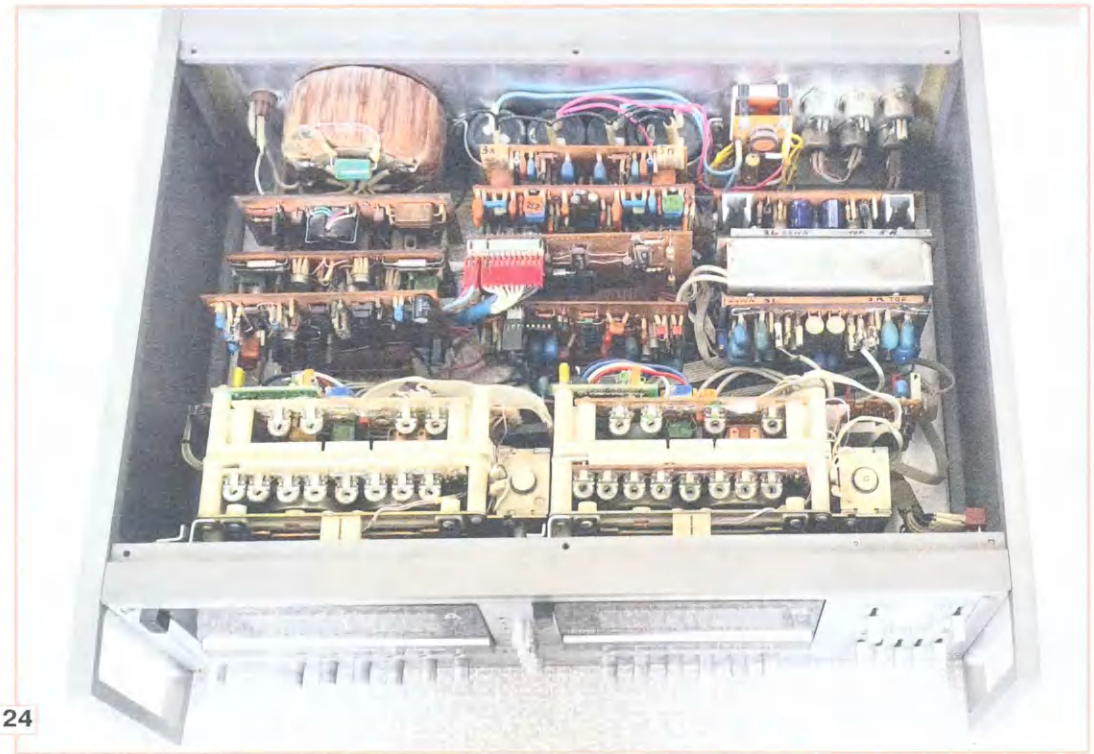


Рис. 24

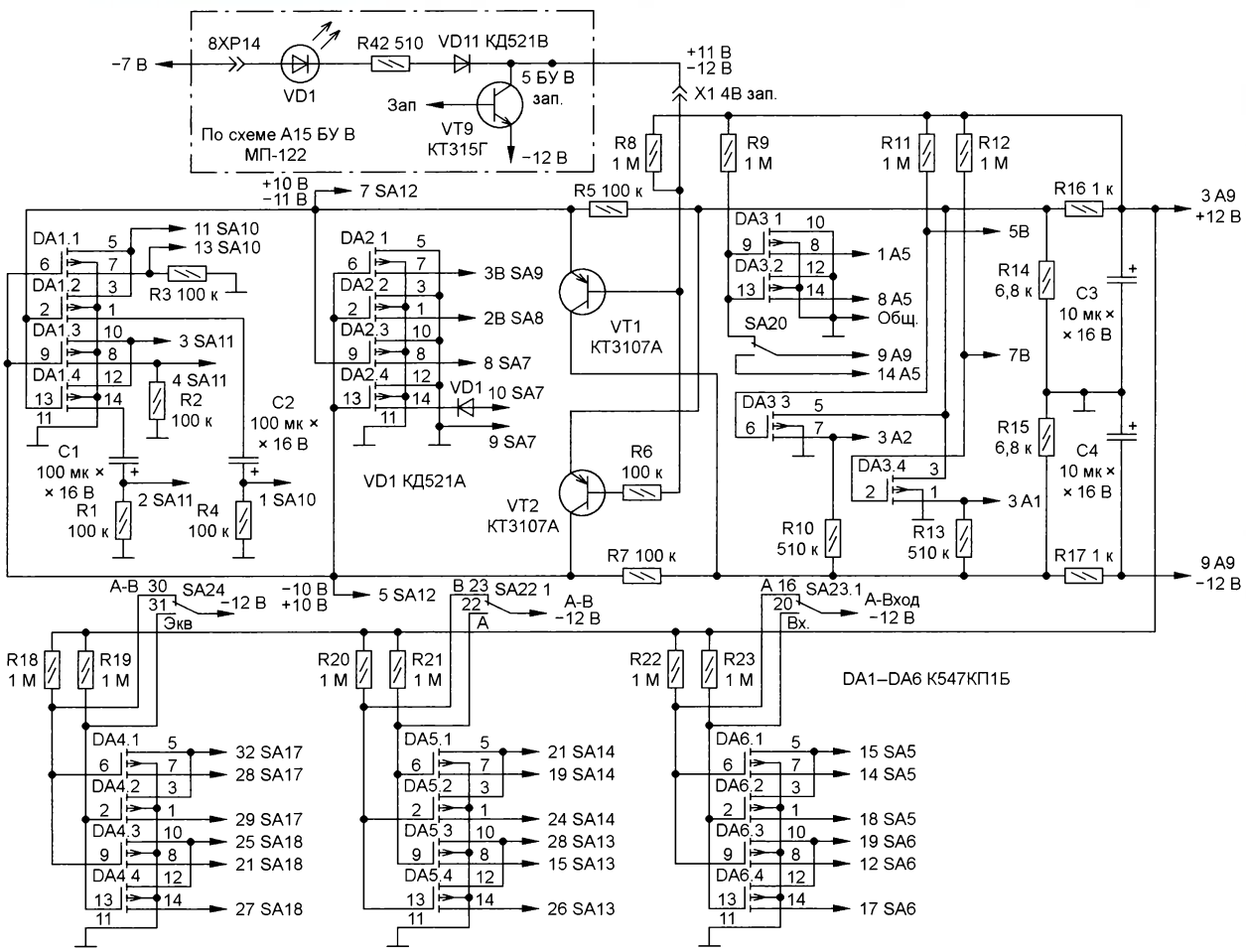


Рис. 25

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

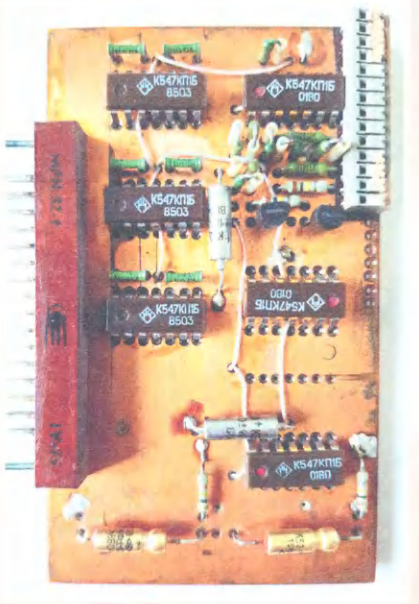


Рис. 26

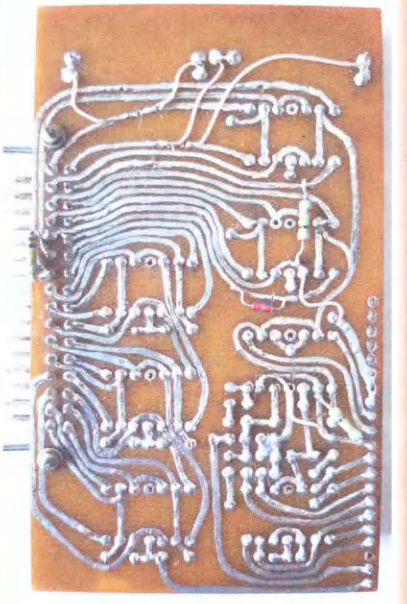


Рис. 27

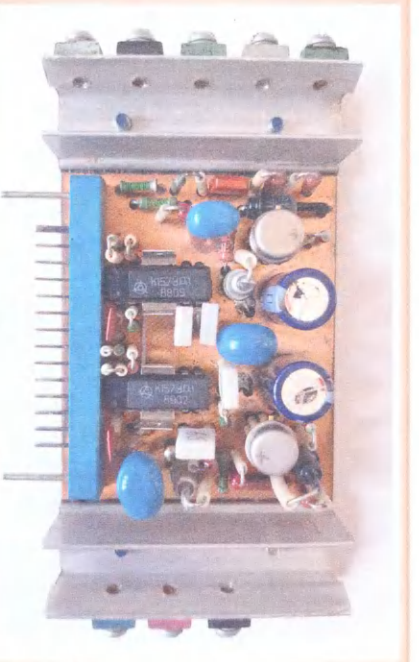


Рис. 30

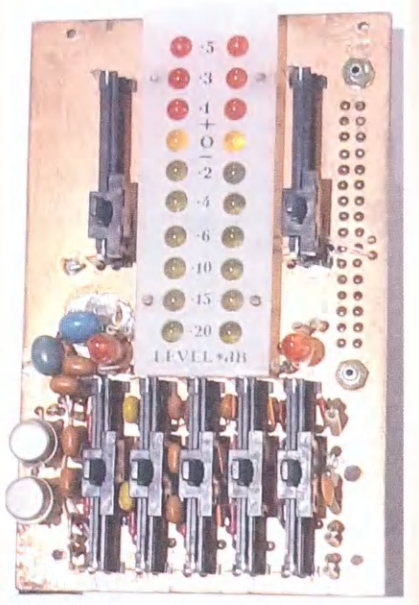


Рис. 28

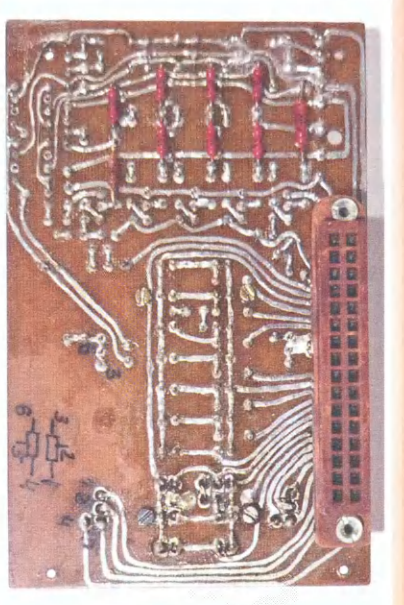


Рис. 29

Рис. 31

управления ЛПМ крепятся друг на друга через стойки к задней стенке с возможностью доступа к предохранителям снаружи через специальное окно. Всего установлены четыре плавких предохранителя в цепь переменного тока каждого плеча двуполярных обмоток. Держатель ВП-1 сетевого предохранителя установлен отдельно снаружи корпуса на задней стенке. Конденсаторы фильтров для каждой группы выпрямителей крепятся специальной скобой к задней стенке.

Органы управления включают в себя кнопки управления каждым ЛПМ и функциональные кнопки "Input-A;B", "A-B", "Equal. OFF", "Dolby OFF", "Cr OFF". Имеется отдельная кнопка "PHONE" переключения телефонов, независимо от состояния линии, для дополнительного удобства прослушивания. Например, с линейного выхода через усилитель и акустические системы для слушателей подаётся композиция с кассеты "A", и в это же время через телефоны можно слушать другую композицию с кассеты "B". Управление моторами ведущего вала ЛПМ доработано так, что в режиме "Стоп" моторы не работают. Кроме сохранения ресурса подшипников моторов (мотор включается только тогда, когда это необходимо), открывается возможность использования магнитофона-приставки как коммутатора источников сигнала "Внешний", "A" или "B" и подключения внешнего источника к эквалайзеру, при этом высвобождается вход усилителя, так

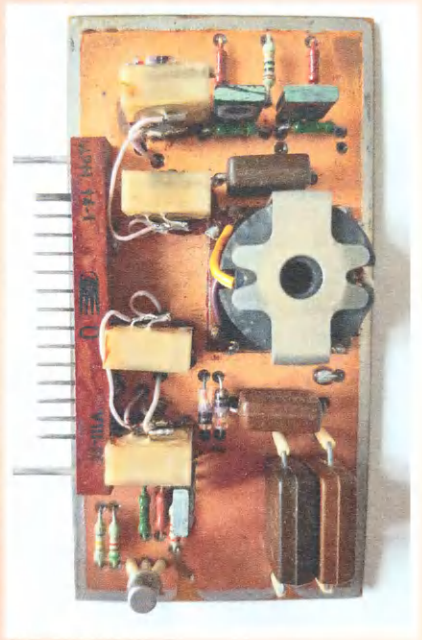


Рис. 32

Рис. 33

как, например, проигрыватель постоянно подключён к магнитофону-приставке к внешнему входу, а вход для проигрывателя в усилителе используется для другого дополнительного источника. В промышленных аппаратах такой режим работы невозможен, потому что для подачи внешнего сигнала на линейный выход промышленный магнитофон-приставку нужно переводить в режим "Запись". Все элементы управления снабжены точёными дюралюминиевыми блестящими кнопками и рукоятками в едином стиле.

Корпус магнитофона-приставки — сборный из фрезерованных дюралюминиевых деталей. Корпус, в отличие от промышленных изделий, не имеет шасси и выполнен несущим, т. е. все элементы и составные части аппарата крепятся непосредственно к корпусу. Передняя панель выполнена полностью съёмной, без каких-либо прикреплённых к ней элементов (**рис. 34**). Это удобно при профилактике роликов и головок ЛПМ. Панель прикреплена декоративными винтами с большими шляпками и блестящим покрытием, что придаёт лицевой панели законченный вид. Дополнительно

Рис. 34

Рис. 35

демонтировать какие-любые детали, кроме рукояток регуляторов эквалайзера и уровня записи, не требуется. Панель спроектирована под декоративные крышки кассетоприёмников от магнитолы SONY CFS-W600. Из имеющихся в продаже в то время в радиомагазине новых крышек к различной японской аппаратуре выбор был сделан в пользу этих, снабжённых декоративными накладками из анодированного в тёмно-серый цвет алюминия с обработкой верхних отбортовок до зеркального блеска. В соответствии с цветовой гаммой крышек была выбрана трёхцветная схема окраски корпуса. Боковины и стяжки, обрамляющие переднюю панель, анодировались в тёмно-серый цвет, максимально приближённый к цвету декоративных накладок крышек. Передняя и задняя панели, верхняя и нижняя крышки корпуса анодировались в светло-серый цвет (**рис. 35**). Вентиляционные решётки (выпиливались из задних крышек радиоприёмника VEF 202) выполнены

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

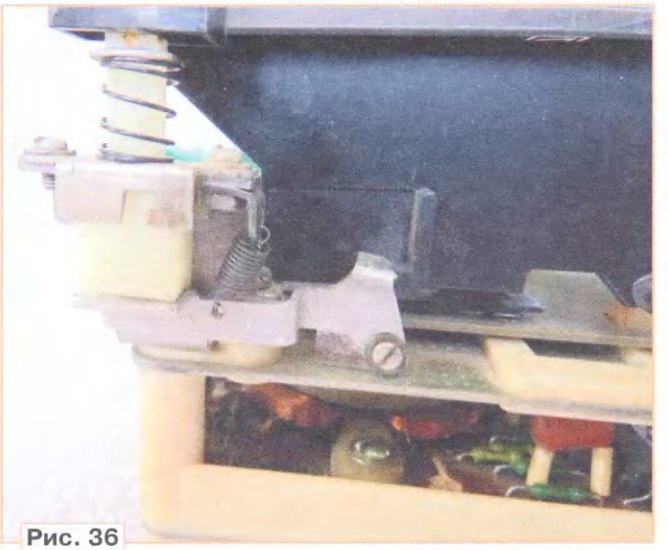


Рис. 36

из чёрного пластика под основной цвет крышек кассетоприёмников. Перед анодированием производилась ручная тонкая шлифовка наружных поверхностей в продольном направлении для получения однородного матового анодного покрытия. Предварительная сборка корпуса в комплекте с крышками показала правильность выбора концепции окраски. Собранный со всеми внешними деталями корпус магнитофона-приставки эстетически воспринимается как достаточно сбалансированный. Надписи на лицевой и задней панелях выполнены переводными шрифтами, которые при длительной эксплуатации показали достаточную стойкость. Магнитофон-приставка очень компактный, габаритные размеры заметно меньше "Маяка-231" или "Веги МП-122".

Исходя из того, что передняя панель сделана съёмной без внешних элементов, крепление крышек кассетоприёмников выполнено непосредственно к ЛМП. Это решило сразу две задачи — освободило переднюю панель от вероятных элементов крепления крышек и обеспечило точное позиционирование кассеты в ЛПМ, поскольку положение крышки отрегулировано в сборе с ЛПМ так, чтобы кассета направлялась штатными направляющими ЛПМ и удерживалась в нужном положении крышкой. Кроме того, решение закрепить крышки к ЛПМ потребовало тщательного позиционирования обоих ЛПМ в корпусе относительно лицевой панели. ЛПМ должны быть размещены так, чтобы крышки были на одном уровне в вертикальной плоскости с фасадной частью лицевой панели и не имели перекосов в трёх плоскостях для обеспечения свободного открывания крышек. Задача решилась путём крепления обоих ЛПМ к общему уголку в задней части и индивидуальным уголкам по одному в передней части каждого ЛПМ. Места креплений в ЛПМ — штатные, дополнительно сверлить крепёжные отверстия в ЛПМ не потребовалось. Защёлки крышек изготовлены индивидуально под штатный зацеп, имеющийся в крышках (**рис. 36**). Толкатели защёлок применены от переключателя П2К без контактных групп с чёрными кнопками, расположенными слева вверху от крышек. Многолетняя эксплуатация магнитофона-приставки показала высокую надёжность защёлок. Подсветка кассет выполнена на лампах СМН-6,3-20, установленных в плоский держатель из оргстекла толщиной 3 мм, закреплённый вместо винта, который должен фиксировать в транспортном положении каретку ЛПМ.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сухов Н.** Усилитель воспроизведения. — Радио, 1987, № 6, с. 30—32; № 7, с. 49—51.

2. **Лексины Вал. и Вик.** Узлы сетевого магнитофона. Усилитель воспроизведения. — Радио, 1983, № 8, с. 36—40.

3. **Лексины Вал. и Вик.** Узлы сетевого магнитофона. Усилитель записи. — Радио, 1983, № 9, с. 38—42.

4. **Лексины Вал. и Вик.** Узлы сетевого магнитофона. Генератор тока стирания и подмагничивания. — Радио, 1983, № 10, с. 34—37.

5. **Лексины Вал. и Вик.** Узлы сетевого магнитофона. Комбинированный измеритель уровня сигнала. — Радио, 1983, № 11, с. 44—48.

6. **Лексины Вал. и Вик.** Сетевой магнитофон — из готовых узлов. — Радио, 1983, № 12, с. 43—48.

7. **Сухов Н.** Динамическое подмагничивание. — Радио, 1983, № 5, с. 36—40.

8. **Сухов Н.** Компандерный шумоподавитель из ... динамического фильтра. — Радио, 1986, № 9, с. 42—45; № 10, с. 36—38.

9. **Агеев А.** Усилительный блок любительского радиокомплекса. — Радио, 1982, № 8, с. 31—35.

10. **Лексины Вал. и Вик.** Компандерный шумоподавитель. — Радио, 1982, № 5, с. 38—41.

11. **Козловский В.** Электронные коммутаторы в усилителях НЧ. — Радио, 1981, № 5—6, с. 42, 43.

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Широкий выбор радиодеталей для воплощения ваших идей.

www.radiodetali.perm.ru

Тел: 8-800-201-75-54

* * *

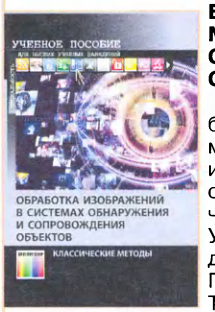
Разработка программ для микроконтроллеров STM32, ATmega и других на заказ:

Сбор данных, передача на сервер, управление, свет, звук, CAN и LIN, генерация сигналов, измерения и т. д.

E-mail: micro51@mail.ru

т. +7-912-619-5167

Вышла в свет новая книга



Бабаян П. В., Муравьев В. С., Смирнов С. А., Стротов В. В.

Обработка изображений в системах обнаружения и сопровождения объектов. Классические методы. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024. — 168 с.: ил.

ISBN 978-5-9912- 1098-0.

Освещены вопросы пространственно-временной обработки и анализа последовательностей изображений применительно к задачам обнаружения и сопровождения объектов. Значительное внимание уделено алгоритмам восстановления изображений и определению параметров их геометрических преобразований.

Для студентов вузов, обучающихся по направлениям подготовки: 27.03.04 — "Управление в технических системах", 01.03.02 — "Прикладная математика и информатика", 15.03.06 — "Мехатроника и робототехника", 27.04.04 — "Управление в технических системах", а также по специальности 12.05.01 — "Электронные и оптико-электронные приборы и системы специального назначения".

Будет полезна аспирантам и специалистам соответствующего профиля.

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

Автономный активный НЧ-щуп для осциллографа

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

Щуп был разработан для портативного осциллографа FNIRSI-1C15. У этого осциллографа входное сопротивление — 1 МОм, верхняя граничная частота — 110 МГц. С его помощью можно проводить измерения большинства параметров сигналов. Однако есть и определённые недостатки. Один из них — небольшой экран, а также невысокая максимальная чувствительность, которая равна 20 мВ/дел. Этого может быть недостаточно для измерения параметров малых сигналов. Кроме того, его входная ёмкость, измеренная внешним прибором, — 33 пФ, а вместе со штатным щупом с делителем 1:1 и кабелем она достигает 156 пФ. Входную ёмкость можно существенно уменьшить (примерно до 15 пФ), использовав в щупе делитель 1:10, но тогда чувствительность уменьшится до 200 мВ/дел.

Щуп, описание которого приводится далее, обладает большим входным сопротивлением, небольшой входной ёмкостью, усилением и автономностью, поскольку содержит встроенный источник питания. Поэтому его можно назвать универсальным и использовать совместно с различными осциллографами с входным сопротивлением 1 МОм, а также и с другими измерительными приборами.

Технические характеристики при напряжении питания 4 В

Коэффициент передачи ..... 1 или 10
Входная ёмкость, пФ 20
Входное сопротивление на частоте 1 кГц, МОм 12
Потребляемый ток, мА 0,9
Верхняя граничная частота полосы пропускания по уровню –3 дБ
при K_y = 1, МГц ..... 1,25 (подъём на 6 дБ на частоте 800 кГц)
при K_y = 10, кГц 200
Максимальный размах выходного напряжения на частоте 1 кГц
при K_y = 1, В 2,8
при K_y = 10, В 2,4
Максимальный размах выходного напряжения на частоте 100 кГц
при K_y = 1, В 2,3
при K_y = 10, В 2,2

Нижняя полоса пропускания определяется ёмкостями конденсаторов C1 и C3 (для K_y = 10) и не превышает 10 Гц.

Схема активного щупа показана на **рис. 1**. Его основа — ОУ серии TL272 [1], который содержит полевые транзисторы, экономичен и имеет большое входное сопротивление 10^{12} Ом. Благодаря этому и у щупа большое входное сопротивление. Этот ОУ работоспособен при однополярном напряжении питания 3...16 В, поэтому для его питания использован один Li-Ion аккумулятор. Резисторы R1—R3 задают режим ОУ по постоянному току, на его выходе должна быть половина напряжения питания, конденсатор C1 — разделительный, конденсатор C2 — блокировочный по питанию. Выключателем SA1 переключают коэффициент передачи щупа. При замкнутых контактах K_y = 10, при разомкнутых — K_y = 1. Выключатель SA2 служит для подачи напряжения питания.

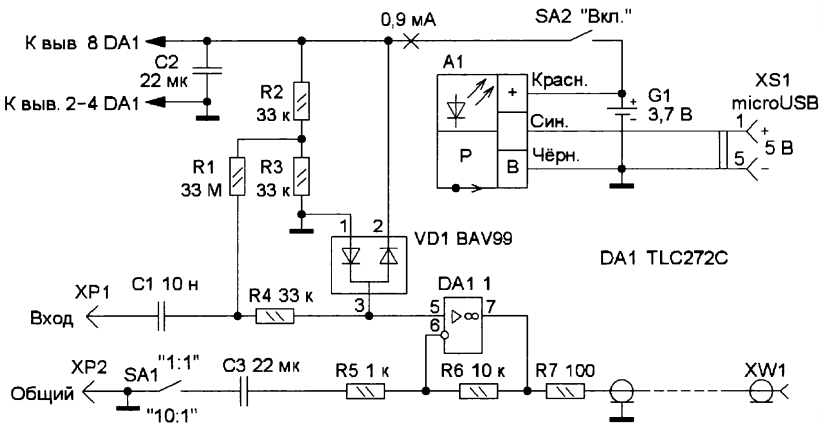


Рис. 1

Для защиты неинвертирующего входа ОУ применена цепь R4VD1 с диодной сборкой BAV99 [2], диоды которой обладают высоким быстродействием, малыми ёмкостью и обратным током. Источником питания служит цилиндрический Li-Ion аккумулятор типоразмера 08570 ёмкостью 280 мА·ч от одноразовой электронной сигареты. Для контроля зарядки аккумулятора применён датчик давления A1 от одноразовой электронной сигареты. Подробнее об устройстве этого датчика и о выполняемых функциях рассказано в [3]. Для зарядки аккумулятора используется ЗУ сотового телефона, которое подключают к гнезду XS1. Хотя ёмкость применённого аккумулятора невелика, небольшой ток, потребляемый щупом, обеспечивает его продолжительную работу от одной зарядки аккумулятора. Подключают щуп к осциллографу с помощью коаксиального ВЧ-кабеля с разъёмом XW1 типа BNC на конце. Резистор R7 служит для защиты выхода ОУ DA1.1 от короткого замыкания.

Рис. 2

Следует обратить внимание, что на выходе щупа отсутствует разделительный конденсатор, поэтому осциллограф

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

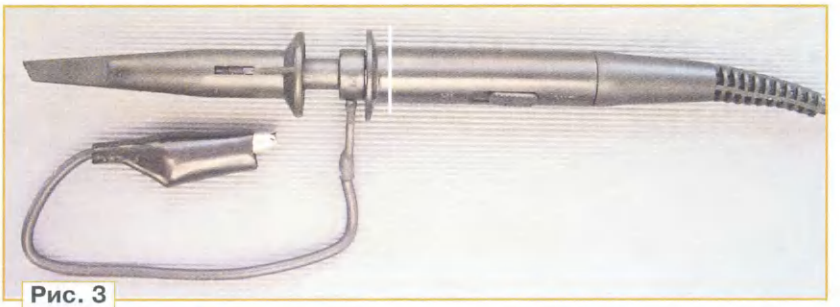


Рис. 3

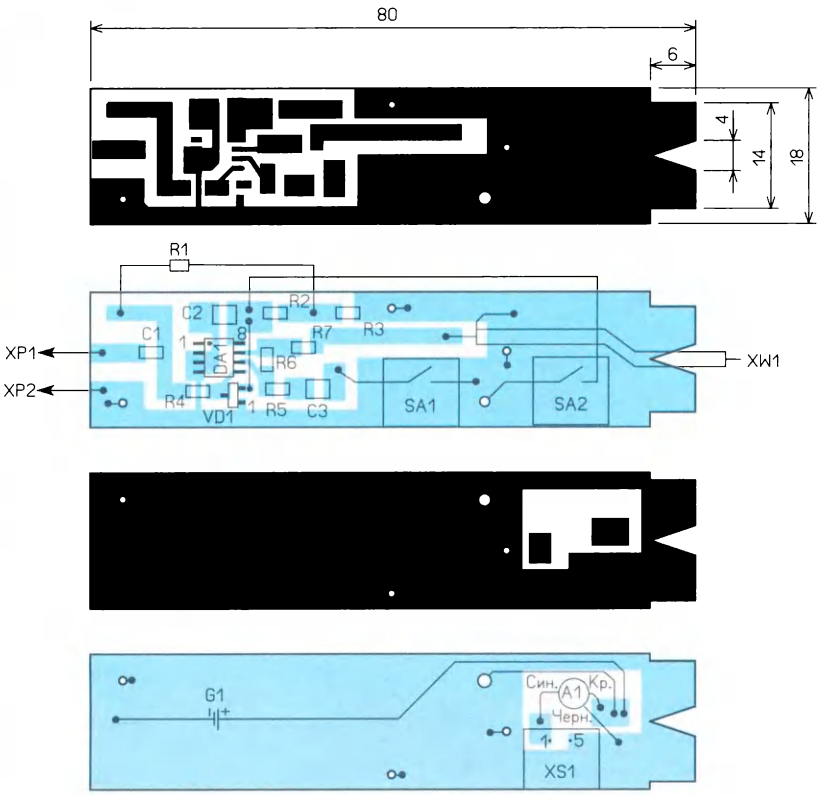


Рис. 4

выходе ОУ DA1.1 присутствует постоянное напряжение, равное половине напряжения питания. Измерив это напряжение, можно определить напряжение аккумулятора и принять решение о необходимости его зарядки.

В качестве корпуса щупа использован металлический корпус (**рис. 2**) диаметром 18 мм и длиной 84 мм от электронной сигареты. Входные разъёмы XP1, XP2 и ВЧ-кабель с разъёмом XW1 использованы от кабеля осциллографа (**рис. 3**). Такой кабель можно приобрести в Интернете [4].

Почти все элементы размещены на печатной плате из фольгированного с двух сторон стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Её чертёж и размещение на ней элементов показаны на **рис. 4**. Ширина платы подобрана так, чтобы она с трением входила в корпус и по её краю металлизация имела бы контакт с металлическим корпусом.

Внешний вид смонтированной платы показан на **рис. 5** и **рис. 6**. Соединительный кабель, аккумулятор и датчик A1 закреплены на плате с помощью термоклея. На плате отсутствует диодная сборка VD1, поскольку были опасения, что обратный ток диодов может существенно нарушить режим ОУ DA1.1 по постоянному току. Но после установки этой сборки режим практически не изменился.

Использован доработанный щуп для осциллографа, он обрезан по линии, показанной на рис. 3 (внутри щуп металлический), а пластмассовая часть до выступа удалена. Затем с помощью горячего паяльника металлическая часть щупа вплавлена в пластмассовую заглушку (слева на рис. 2) электронной сигареты. Металлический упругий штырь, который обеспечивал контакт центрального вывода щупа с центральной жилой кабеля, укорочен "по месту" и припаян к плате (см. рис. 5). Использован ВЧ-кабель от осциллографа. На его конце в пластмассовом держателе разъёма BNC (**рис. 7**) надо удалить резистор (если он есть) и подстроечный конденсатор, соединив центральную жилу кабеля с централь-

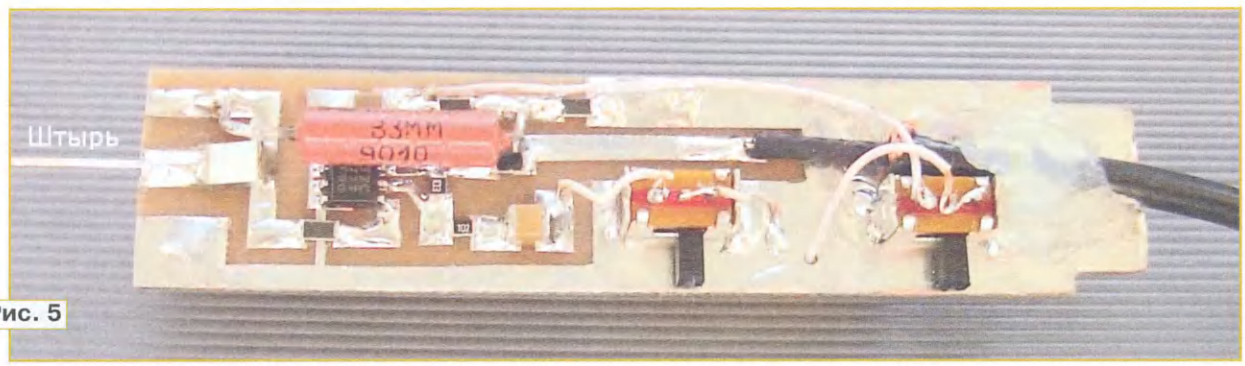


Рис. 5

или другой измерительный прибор надо использовать с закрытым входом. Установить разделительный конденсатор на плату щупа можно без особых проблем, для этого там достаточно места. Потребуется только перерезать печатный проводник, идущий от резистора R7 к кабелю, и установить на месте разреза конденсатор для поверхностного монтажа. Но отсутствие этого конденсатора обусловлено тем, что в этом случае можно с помощью мультиметра (вольтметра) контролировать напряжение аккумулятора. Дело в том, что на ным контактом разъёма BNC. В результате получился щуп (**рис. 8**), на который можно надевать и насадку с крючком.

В устройстве применены резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206 или 0805. Все конденсато-

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Рис. 6

ры — керамические, также для поверхностного монтажа, при этом у конденсатора C1 должен быть малый ток утечки, поэтому его номинальное напряжение должно быть не менее 100 В. Резистор R1 — выводной С3-14. Применены малогабаритные переключатели, у них металлический корпус, и они припаяны к плате, их движки не должны выступать за пределы платы, чтобы при установке в корпус их не повредить. Для доступа к их движкам в корпусе сделаны прямоугольные отверстия.

Для подключения ЗУ в корпусе также сделано прямоугольное отверстие для доступа к разъёму XS1. Для индикации процесса зарядки напротив модуля A1 в корпусе сделано круглое отверстие, закрытое прозрачной пластмассой или фрагментом прозрачного бесцветного корпуса светодиода диаметром 3 мм. В процессе зарядки светодиод модуля A1 будет светить (**рис. 9**) и погаснет по её окончании.

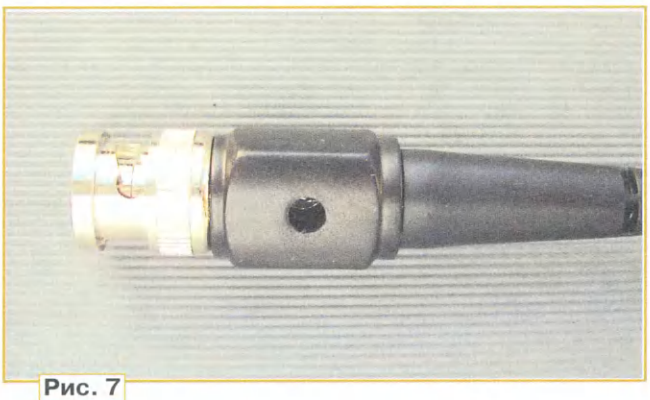


Рис. 7

Внешний вид щупа показан на **рис. 10**, его можно использовать совместно с другими измерительными приборами для повышения их чувствительности и входного сопротивления, например совместно с частотомером, милливольтметром переменного напряжения, компьютерным анализатором спектра и др.

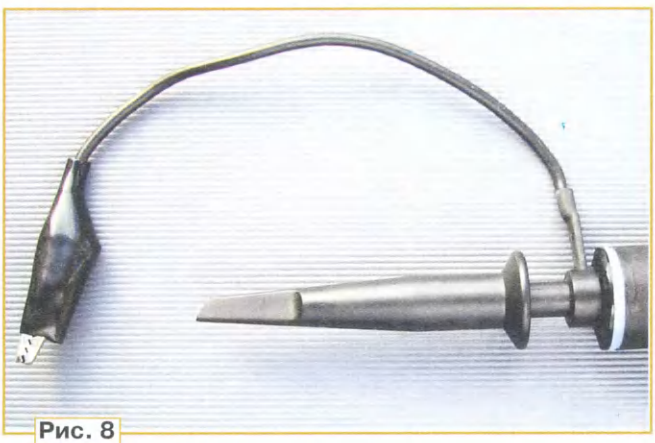


Рис. 8

Рис. 9

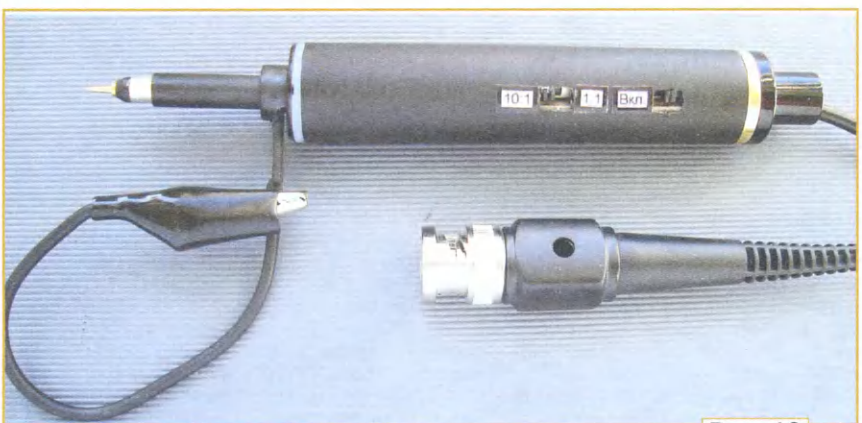


Рис. 10

ЛИТЕРАТУРА

1. TLC272, TLC272A, TLC272B, TLC272Y, TLC277. LinCMOS PRECISION DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS. — URL: **https://goo.su/kK3XKGd** (17.09.24).

2. BAV99 series. — URL: **https://goo.su/rPxUiY3** (17.09.24).

3. **Нечаев И.** Об использовании электронной начинки одноразовых электронных сигарет при создании радиолюбительских устройств. — Радио, 2023, № 8, с. 30—34.

4. Датчик осциллографа P6100 BNC 100 МГц 1X 10X Mayitr. — URL: **https://goo.su/DfyOHr** (17.09.24).

Домашний термометр-гигрометр с питанием от аккумулятора

С. СВЕЧИХИН, г. Красноярск

В статье описан несложный бытовой прибор для измерения температуры и влажности воздуха в помещении. Прибор питается от Li-Ion аккумулятора и может работать автономно без выключения в течение длительного времени. Схема термометра-гигрометра приведена на **рис. 1**. Он выполнен на базе микроконтроллера серии ATmega8A. На схеме указана нумерация выводов микроконтроллера в корпусе DIP28. Для измерения используется распространённый модуль датчика влажности и температуры DHT11. Его точности вполне хватает для бытовых нужд.

Прибор выполнен на макетной плате с применением проволочного монтажа тока зарядки 0,3 А. Модуль A2 имеет входной разъём miniUSB или microUSB, через который можно зарядить аккумулятор, а также обеспечить питание прибора напряжением 5 В при работе с программой. Переключение питания прибора от внешнего источника или от аккумулятора производится переустановкой перемычки S1, которая размещена на плате выше дисплея HG1.

На плате снизу от дисплея установлен синий сверхъяркий светодиод HL1. Поскольку температура и влажность меняются медленно, в течение длительного времени цифры на дисплее не меняются. Кратковременно, ежесекундно, вспыхивающий светодиод HL1 показывает, что прибор работает.

Выводы управления дисплея подключены к микроконтроллеру через резисторы R3—R6, которые служат для согласования уровней сигналов. В спящем режиме, когда нет обращения к дисплею, на выводах PD5, PD6 и PD7 устанавливается низкий логический уровень. На выводе PB0 остаётся напряжение высокого уровня, которое поступает на вывод RST дисплея. Именно через вывод RST и обеспечивается питание дисплея [1]. На резисторе R3 падение напряжения не превышает 50 мВ и изменяется в зависимости от того, какие операции выполняет микроконтроллер. Вывод питания дисплея остаётся свободным. Напряжение на нём — около 4,1 В при питании от

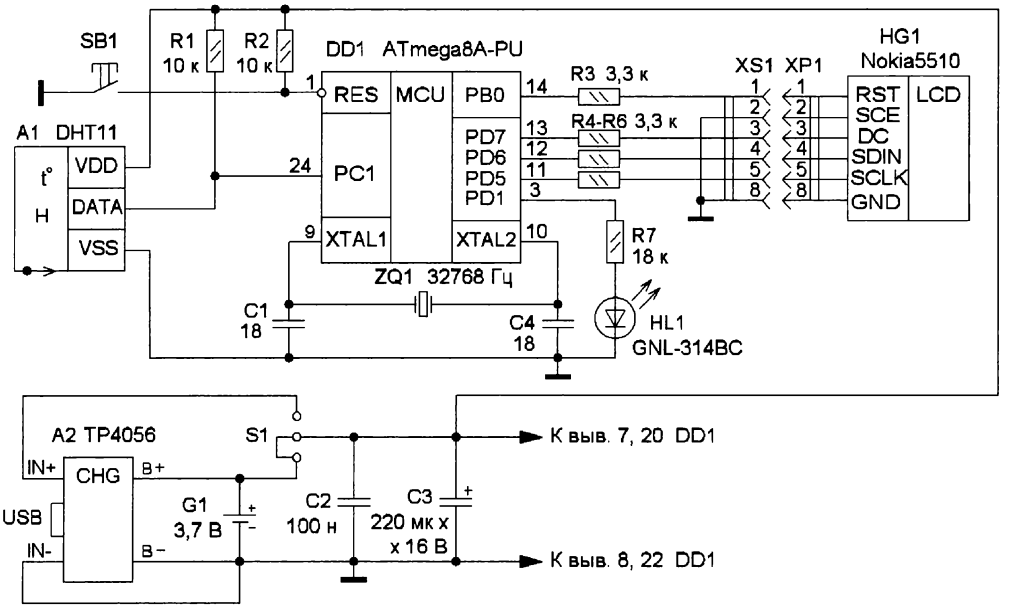


Рис. 1

(**рис. 2**). Печатная плата не разрабатывалась. На плате видны разъёмы, которые на схеме (см. рис. 1) не показаны. Это разъём питания (вверху справа) и разъём ISP для программирования (посередине слева). Они использовались при разработке, в штатном режиме они не нужны. Можно использовать модуль датчика давления, смонтированный на небольшой плате (рис. 2). У него уже есть встроенный резистор сопротивлением 10 кОм, поэтому резистор R1 монтировать не нужно.

Питается прибор от Li-Ion аккумулятора G1. Для его зарядки применён модуль A2 зарядного устройства TP4056. Он был доработан, в нём заменён токозадающий резистор для обеспечения

Информация о температуре и влажности выводится на дисплей Nokia 5510. Такие дисплеи выпускались в разном исполнении, некоторые выполнены на зелёной плате, другие — на синей или красной. Цоколёвка выводов у них совпадает.

Перед установкой дисплея его необходимо доработать — отключить питание светодиодов подсветки. На рис. 2, в верхней части платы, красными стрелками указаны четыре резистора для поверхностного монтажа, к которым подключены эти светодиоды. На синей плате также в верхней части находится один резистор подсветки. Эти резисторы надо отпаять или просто выкусить.

напряжения 5 В и примерно 3,2 В при питании от аккумулятора. Напряжение питания дисплея, согласно технической документации, не должно превышать 3,6 В. Тем не менее, изображение на дисплее остаётся контрастным и ярким, как при нормальном питании. Получается, что дисплей имеет достаточный "запас прочности" для работы в таких режимах. Это было проверено на трёх экземплярах дисплея (два зелёных и один синий). Никаких отрицательных эффектов не было обнаружено.

Программа разработана в среде AVRStudio 4,19. Библиотека для работы с модулем DHT11 взята в [2]. Библиотека для работы с дисплеем Nokia 5510 и знакогенератор взяты на сайте [3].

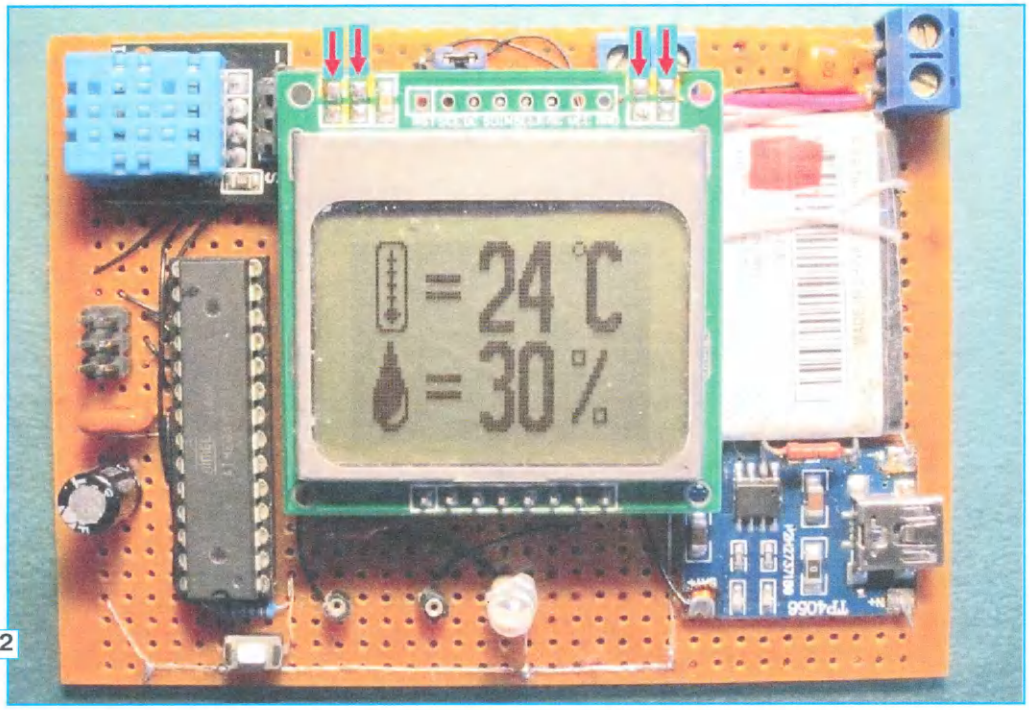


Рис. 2

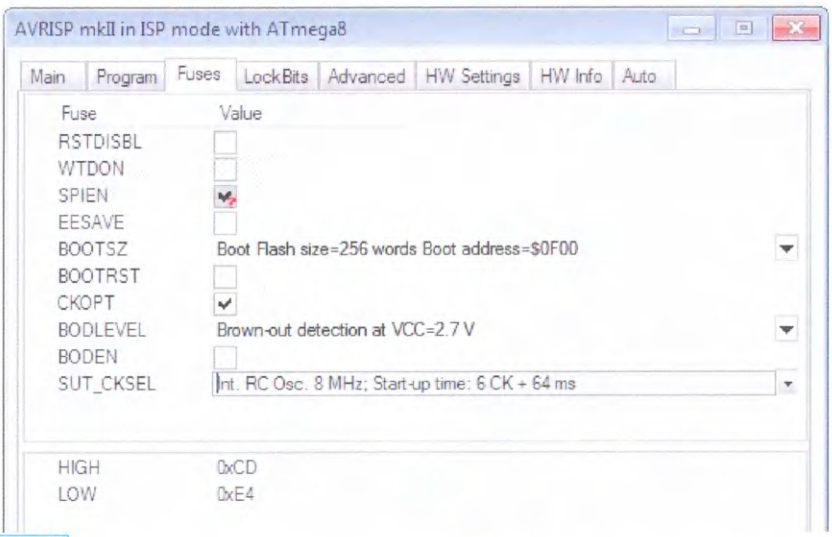


Рис. 3

Знакогенератор дополнен несколькими символами (Б, в и др.). Все необходимые для программирования файлы находятся на сайте журнала. В начале программы происходит инициализация периферии микроконтроллера. Всё, что не нужно, отключается, порты отключаются. Инициализируется таймер T2 для работы в асинхронном режиме с кварцевым резонатором частотой 32768 Гц. Таймер нужен, чтобы выводить микроконтроллер из спящего режима. Включается дисплей, устанавливаются параметры малопотребляющего режима, разрешаются прерывания.

Активная "жизнь" происходит в обработчике прерывания таймера. В первом такте измеряется напряжение питания. В третьем такте следует обращение к модулю DHT11. Проверяется номер такта, если он больше 30, значение такта обнуляется. Затем всё повторяется. Таким образом, данные о температуре и влажности обновляются каждые полминуты.

В основном цикле программы также проверяется номер такта. Во втором такте на дисплей выводится значение напряжения. А в седьмом такте выводятся значения температуры и влажности. После этого микроконтроллер переводится в режим сна. Поэтому большую часть времени он находится в экономичном режиме. На дисплей примерно 5 с выводится информация о напряжении и 25 с — информация о температуре и влажности.

Значения фьюзов показаны на **рис. 3**. Установлена тактовая частота микроконтроллера — 8 МГц. Хотя считается, что для уменьшения энергопотребления её следует снижать, но следует учесть конкретный режим работы микроконтроллера. Большую часть времени он спит и просыпается один раз в секунду, работает с модулем A1 или измеряет напряжение аккумулятора, мигает светодиодом, после чего опять засыпает. При высокой тактовой частоте эту работу он делает быстрее, что снижает потребление.

Напряжение встроенного в микроконтроллер источника образцового напряжения для АЦП — 1,22 В с разбросом в несколько десятков милливольт. Если заменить микроконтроллер ATmega8A на ATmega48 или ATmega328, то у них другое напряжение — 1,1 В. Поэтому необходима калибровка измерителя напряжения. Вольтметром с максимально возможной в ваших условиях точностью нужно измерить напряжение питания $U_{пит}$ микроконтроллера. К примеру, получилось $U_{пит}$ = 5,16 В. Прибор выводит значение, например, $U_{изм}$ = 5,22 В. По формуле нужно рассчитать новое значение константы для АЦП: $K = 32400 \cdot U_{пит}/U_{изм} = 32027$ и подставить его в программу.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Ланцов А. Л., Зворыкин Л. Н., Осипов И. Ф.** Цифровые устройства на комплементарных МДП интегральных микросхемах. — М.: Радио и связь, 1983.

2. **Кузнецов П., Сокол С.** Бытовой термометр-влагомер на базе датчика SHT21 и ЖКИ от телефона Nokia 3310. — Радио, 2013, № 9, с. 32—34.

3. Davidegironi. — URL: **https://code.google.com/archive/p/davidegironi/downloads** (04.11.24).

От редакции. *Файлы для программирования микроконтроллера находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/ter-gig.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Подключение трёх источников питания к одной нагрузке

А. ВИШНЕВСКИЙ, г. Луганск

Иногда возникает необходимость подключить какую-либо нагрузку к одному из нескольких источников напряжения. В моём случае появилась необходимость подключить к трём источникам сетевого напряжения осветительную лампу над рабочим столом. Для этой цели было разработано устройство, подключающее лампу к трём источникам, непосредственно к сети 230 В, к будильнику и к оборудованию для рабочего места радиолюбителя [1]. Кроме лампы, можно подключать и другие нагрузки с максимальной мощностью не более 200 Вт.

Схема устройства показана на **рис. 1**. Сетевая вилка XP1 включается в сеть 230 В. Переключатель SA1 показан в исходном положении, при котором на гнездо XS1 с вилки XP1 напряжение сети не поступает, поэтому осветительная лампа, подключённая к этому гнезду, не светит. При переводе переключателя в другое положение напряжение 230 В поступает на гнездо XS1, и лампа загорается. Это бывает нужно для того, чтобы осветить рабочий стол, не включая другие приборы. Переменное напряжение сети 230 В поступает не только на лампу, но и на узел индикации (контакты 1 и 2). Реактивное сопротивление конденсатора C1 и сопротивление резистора R3 ограничивают ток через светодиод HL4 зелёного свечения. Стабилитрон VD5, включённый последовательно с ним, определяет напряжение, при котором он станет светить (около 9 В). Переменное напряжение выпрямляет диодный мост VD1, конденсатор C4 сглаживает пульсации выпрямленного напряжения, чтобы светодиод HL4 не вспыхивал с частотой 100 Гц.

В исходном положении переключателя SA1 в момент появления на вилке XP2 переменного напряжения 230 В, поступающего с будильника, оно через переключатель SA1 поступает на гнездо XS1, и лампа загорается. Параллельно вилке XP2 подключён выпрямитель на диодном мосте VD2 и элементах C2, R4, R5, C5. К выходу выпрямителя подключён излучающий ИК-диод оптрона U1. Конденсатор C2

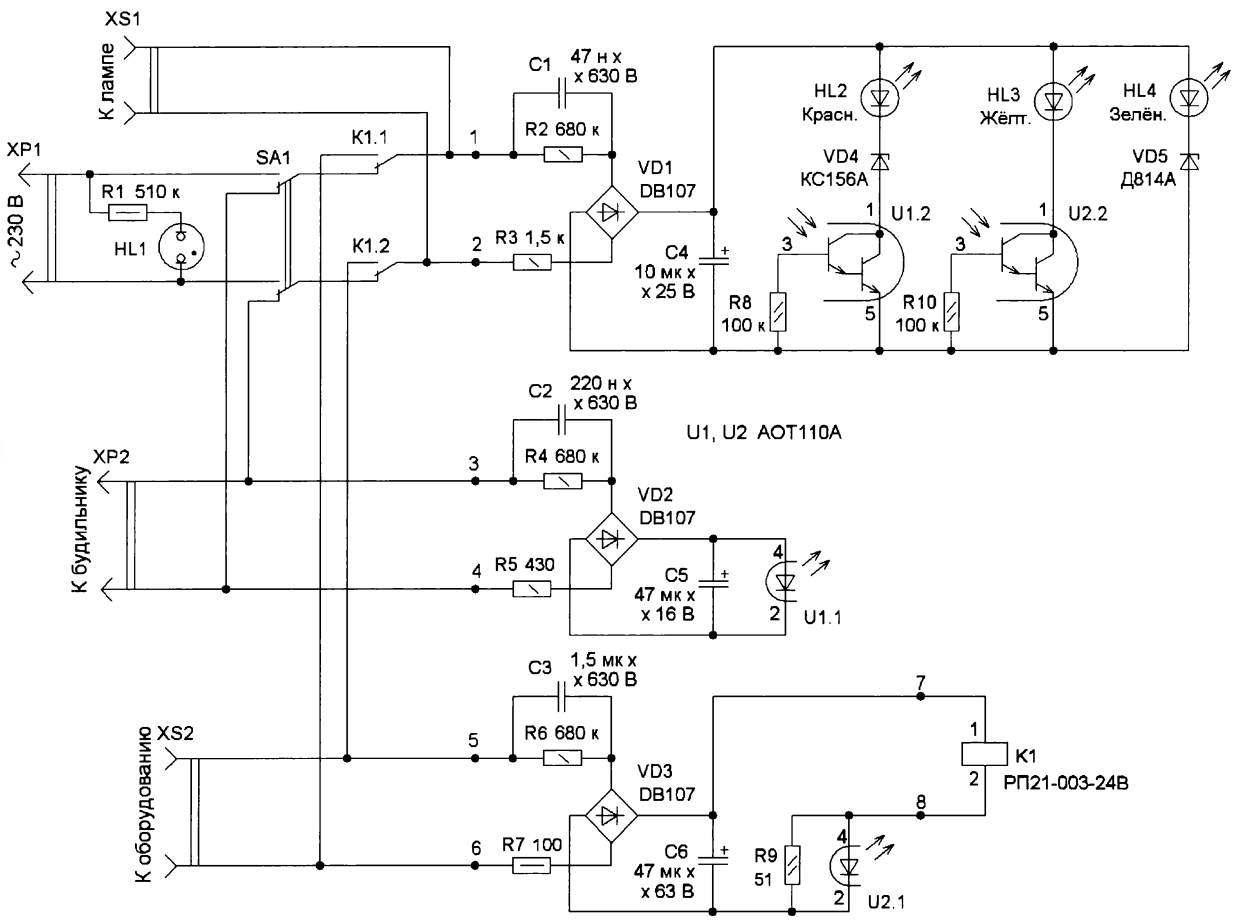
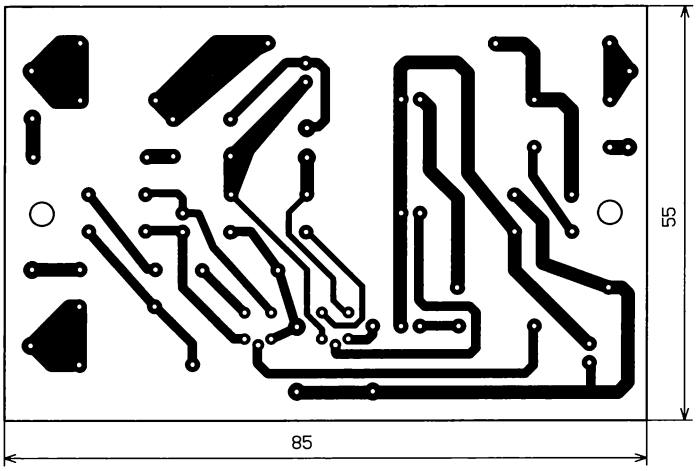


Рис. 1

РАДИО № 12, 2024
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru



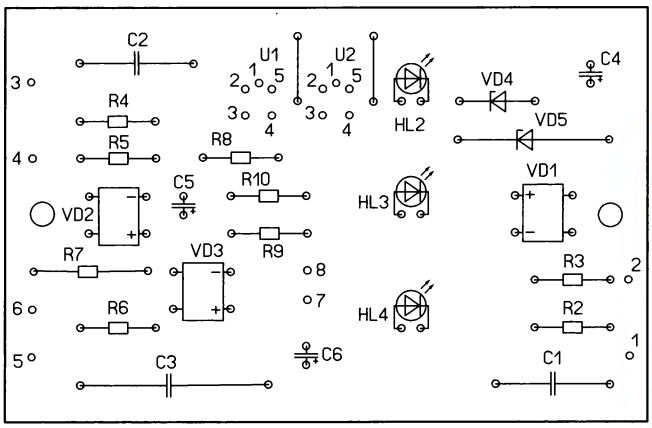


Рис. 2

ограничивает ток через этот ИК-диод. Когда через него протекает ток, открываются фототранзисторы оптрона U1, и включается индикаторный светодиод HL2 красного свечения. Установленный последовательно с ним стабилитрон VD4 формирует порог напряжения включения светодиода, примерно равный 7 В. Поскольку ток через индикаторные светодиоды ограничен конденсатором C1, включится светодиод с меньшим напряжением HL2, а светодиод HL4 погаснет.

При любом положении переключателя SA1 в момент появления переменного напряжения 230 В на разъёме XS2, которое появляется при включении оборудования для рабочего места радиолюбителя, включается реле K1. Оно своими контактами подключает лампу к этому напряжению, и лампа загорается. Для питания низковольтного реле от сети 230 В используется выпрямитель на элементах C3, R6, R7, VD3, C6. Часть тока, протекающего через обмотку реле, поступает на излучающий ИК-диод оптрона U2. В этом случае открываются фототранзисторы этого оптрона, включается светодиод HL3 жёлтого свечения. Поскольку напряжение, требующееся для свечения этого светодиода наименьшее, остальные светодиоды не включаются. Параллельно излучающему ИК-диоду оптрона U2 включён резистор R9, который отбирает часть тока от оптрона. Это позволяет использовать реле с большим рабочим током, который может выдержать излучающий ИК-диод.

Резисторы R2, R4, R6, подключённые параллельно конденсаторам C1, C2, C3 соответственно, разряжают их при отключении устройства от сети 230 В. Горящая неоновая индикаторная лампа HL1 указывает на наличие напряжения сети и на расположение устройства в темноте.

В устройстве применены резисторы любого типа соответствующей мощности. Конденсаторы C1—C3 — CL21 или отечественные конденсаторы К73-17 с ёмкостью согласно схеме и с номинальным напряжением не менее 630 В. Оксидные конденсаторы — К50-35 или импортные со схожими параметрами. Индикаторные светодиоды могут быть любого типа с соответствующим цветом свечения. В устройстве применены светодиоды с диаметром линзы 10 мм. Применено реле РП21-003 [2] с тремя переключающими контактами и сопротивлением обмотки 320 Ом. Диодные мосты DB107 можно заменить диодными мостами КЦ407А, но при этом необходимо изменить печатную плату. Неоновая лампа — ТН-0.2. Переключатель SA1 — ТП1-2. Гнездо XS1 такое, к которому подходит стандартная сетевая вилка. Разъём XS2 состоит из гнезда и вилки. Хорошо, если этот разъём будет другой конструкции, чем стандартные сетевые разъёмы. Вилка этого разъёма устанавливается на устройстве, а гнездо уста-

Рис. 3

новлено на проводе, подключённом к розеткам, получающим напряжение 230 В при включении оборудования для рабочего места радиолюбителя. У меня используется сетевой разъём CZ-200.

Устройство собрано в корпусе от реле времени для фотопечати размерами 160×110×60 мм. Корпус может быть и меньше. Большинство элементов смонтировано на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж платы и расположение на ней элементов показаны на **рис. 2**. Плата в корпусе установлена на втулках так, чтобы светодиоды, впаянные в плату на расстоянии высоты деталей, выходили наружу корпуса. В корпусе для этого просверлены отверстия. Внешний вид устройства в собранном состоянии показан на **рис. 3**.

Налаживать устройство не нужно, если нет ошибок при его сборке.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вишневский А.** Оборудование для рабочего места радиолюбителя. — Радио, 2015, № 11, с. 23—28; Радио, 2016, № 3, с. 30—32.

2. РП21-003-УХЛ4 24В. — URL: **https://eandc.ru/catalog/rp21-003-ukhl4-24v/** (04.11.24).

От редакции. *Чертёж печатной платы размещён по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/tri.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

МОДУЛЬНАЯ РЕКЛАМА

Для Вас, радиолюбители!

Радиодетали, наборы, корпуса, материалы — наложенным платежом.

Каталог по запросу.

426072, г. Ижевск, а/я 1333.

ИП Зиннатов Р. К.

rtc-prometej@yandex.ru

WhatsApp / тел. 8-912-443-11-24

Часы с обратным отсчётом рабочего времени

С. РЫЧИХИН, г. Первоуральск Свердловской обл.

Часы являются неотъемлемым и важнейшим атрибутом нашей жизни, и, конечно же, радиолюбители не обошли своим вниманием этот факт. Одни из самых первых описаний конструкций полностью электронных часов начали публиковаться в журнале "Радио" 50 лет назад. В 1974 г. появилась статья, где описаны часы, собранные на дискретных элементах — транзисторах серии МПхх и газоразрядных индикаторах серии ИН9 [1]. Синхронизация хода часов была выполнена от сети электроснабжения. В том же году появилась публикация уже на базе интегральных микросхем. Задающий генератор был выполнен на кварцевом резонаторе частотой 1 МГц с последующим делением частоты [2]. Конструкторами часов и авторами статьи являлись два инженера.

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

Но прогресс не стоит на месте, и за последующие полвека были сконструированы десятки часов разнообразных видов и назначений, на различной элементной базе. В последнее время часы конструируются на микроконтроллерах (МК) с

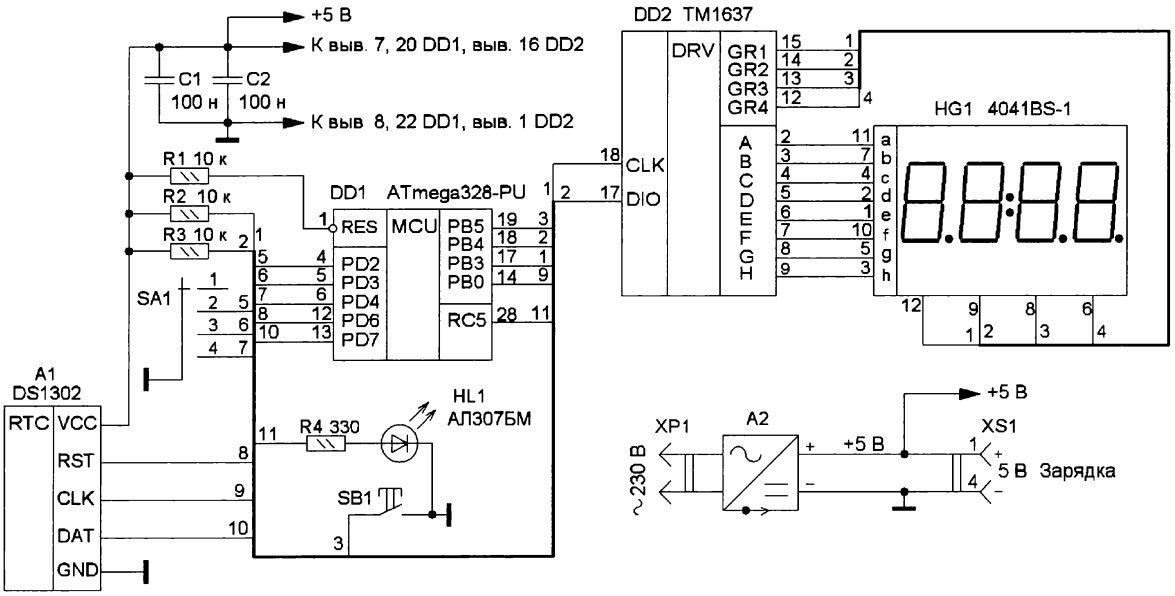


Рис. 4

самыми разнообразными дополнительными функциями. Предлагаемые вниманию читателей часы имеют два режима отображения информации и всего одну кнопку для переключения режимов работы и настройки. В составе часов применён МК ATmega328P, готовый модуль часов реального времени на базе микросхемы DS1302 и микросхема контроллера светодиодного индикатора TM1637.

В первом режиме работы на четырёхразрядном индикаторе отображаются текущее время — часы и минуты с мигающим двоеточием между ними (**рис. 1**). Во втором режиме отображается остаток минут до конца рабочего времени (**рис. 2**). В этом режиме впереди цифр появляется знак минус, и мигает точка последнего разряда индикатора. Отсчёт идёт до 0. Отображение символа 0 означает, что текущее время и время окончания смены совпадают. При выходе за пределы рабочего времени на индикаторе будут четыре тире. Для переключения между режимами отображения достаточно кратковременно нажать на единственную кнопку (короткое нажатие). На задней стенке часов располагаются переключатель и USB-разъём для зарядки аккумуляторов различных гаджетов (**рис. 3**).

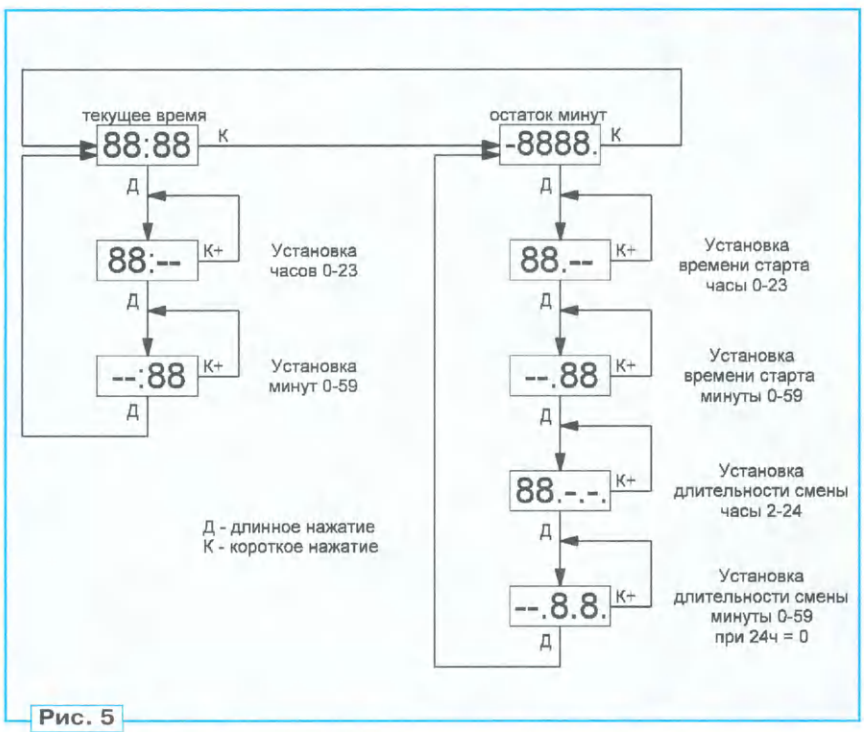


Рис. 5

Модуль часов реального времени имеет резервное питание от гальванического элемента. МК, который хранит уставки в энергонезависимой памяти, вычисляет минуты и передаёт данные контроллеру светодиодного дисплея для отображения. Питается конструкция от модуля импульсного блока питания с выходным напряжением 5 В и максимальным током 2 А. Действующий режим отображения запоминается в энергонезависимой памяти МК и сохраняется при пропадании питания.

Схема часов представлена на **рис. 4**. МК DD1 работает от встроенного RC-генератора тактового сигнала, поэтому внешний кварцевый резонатор отсутствует. Модуль часов реального времени A1 отсчитывает секунды, минуты, часы, день, месяц и год. Имеется встроенный узел контроля питания, который при пропадании внешнего питания переключает питание модуля на резервный Li-Ion элемент напряжением 3 В. Значения текущего времени и даты хранятся в регистрах с адресами 00H—06H и доступны как для чтения, так и записи. Для связи с МК использован двухпроводный последовательный канал I^2C. По линии CLK передаются тактирующие импульсы, а по линии DAT — данные. Пока эти линии не заняты, на них сохраняется высокий логический уровень. По условию старта — изменению уровня линии DAT с высокого на низкий, в то время как на линии CLK — высокий, начинается передача данных между МК и модулем часов A1. Формат передаваемых данных: сигнал старт, затем передаётся адрес часов

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 12, 2024

(1101000 + RW в двоичном виде, где RW — бит, определяющий направление передачи данных (0 — запись во внутренний регистр часов, 1 — чтение из регистра)), адрес регистра (0—6), данные, завершает сеанс связи сигнал стоп, аналогичное условию старт.

Кроме регистров времени, микросхема DS1302 в модуле A1 содержит регистр управления и ОЗУ ёмкостью 56 байт. В проекте используются только регистры минут и часов, т. е. адреса 01 и 02 соответственно.

Микросхема контроллера дисплея DD2 (серии TM1637) разработана для управления шестиразрядным светодиодным индикатором с общим анодом и клавиатурой на 16 кнопок. Есть возможность вывода на индикатор как цифр, так и символов. Имеется ступенчатая регулировка яркости. В проекте использована только возможность отображения информации на четырёхразрядном индикаторе. Для отображения цифр используются регистры с адресами C0H—C3H. Информация от МК поступает по последовательному каналу на входы CLK и DIO микросхемы DD2 и затем выводится на индикатор HG1 в режиме динамической индикации.

Позиция SA1	Начало смены, ч	Начало смены, мин	Длительность смены, ч	Длительность смены, мин
1	8	00	8	30
2	8	00	12	30
3	8	00	12	00
4	20	00	12	00

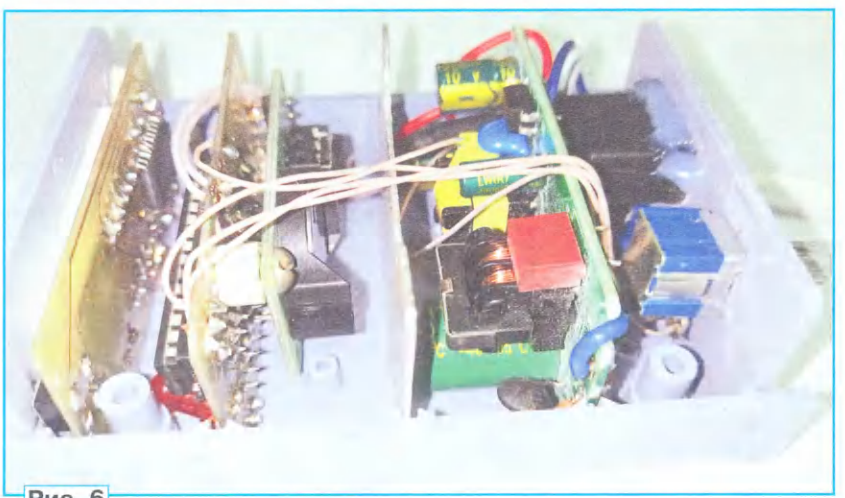


Рис. 6

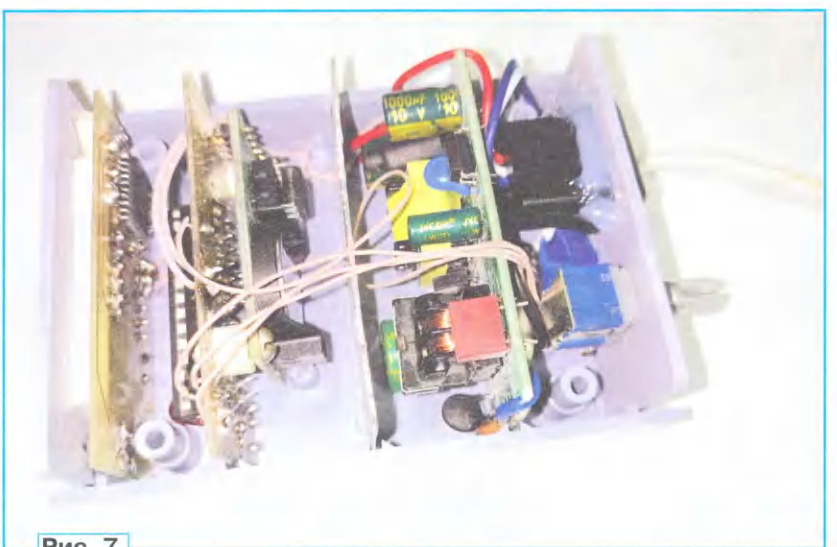


Рис. 7

Протокол передачи данных аналогичен протоколу модуля A1 за исключением адреса ведомого устройства. У микросхемы DD2 адрес отсутствует, поэтому она подключена к МК отдельно от модуля часов A1.

Светодиод HL1 при нормальной работе МК мигает с частотой 1 Гц. Он служит только для индикации работоспособности МК, расположен на плате и снаружи корпуса не выводится. Его можно использовать для диагностики работоспособности МК и впоследствии возможно удалить.

Диаграмма меню настройки часов показана на **рис. 5**. Для настройки хода часов необходимо в режиме часов нажать и удерживать кнопку SB1 более 1,5 с (длинное нажатие). Часы перейдут в режим настройки времени, но эта функция доступна только при положении переключателя SA1 в положении 1. Редактируемое значение часов будет мигать, вместо минут будут отображаться два тире. Короткие нажатия на кнопку меняют значение часов. Затем, но уже долгим нажатием, переключаются на установку минут. В этом режиме вместо часов будут два тире, а редактируемые значения минут мигать. Значения инкрементируются (увеличиваются) по кольцу. После ввода максимально допустимого значения разряд переключается на нулевое или минимальное значение. После окончания ввода долгим нажатием возвращаются в основной режим отображения времени. Также предусмотрен автоматический возврат в основной режим через 10 с после последнего нажатия на кнопку.

Для установки времени отсчёта оставшихся минут нужно перейти в режим отображения остатка минут коротким нажатием. Затем нажимают на кнопку более 1,5 с и переходят в режим ввода времени начала смены. Делают это аналогично настройке часов в формате часы/минуты. Сначала вводят часы, потом минуты начала смены, при этом мигает нижняя точка в середине индикатора.

Затем переходят к вводу длительности рабочей смены. Так же вводят часы и минуты. При этом мигают три нижние точки светодиодного индикатора. Всего для работы надо ввести четыре значения — начало смены (часы и минуты) и продолжительность смены (часы и минуты). По завершении ввода на экране появится значение остатка минут до конца смены. Если текущее время вне рабочего графика, на экране отображаются четыре тире. Возможно запрограммировать только одну смену в сутки.

Чтобы часто не менять значения продолжительности и начала смены при плавающем графике, предусмотрен переключатель SA1 на четыре позиции, которым можно оперативно менять уставки на предварительно уже установленные значения. Всего доступно четыре уставки для разных смен. В момент переключения переключателя SA1 на дисплее на 2 с отображается его позиция в формате (-1-, -2-, -3- или -4-). В **таблице** приведены значения, которые будут загружены в энергонезависимую

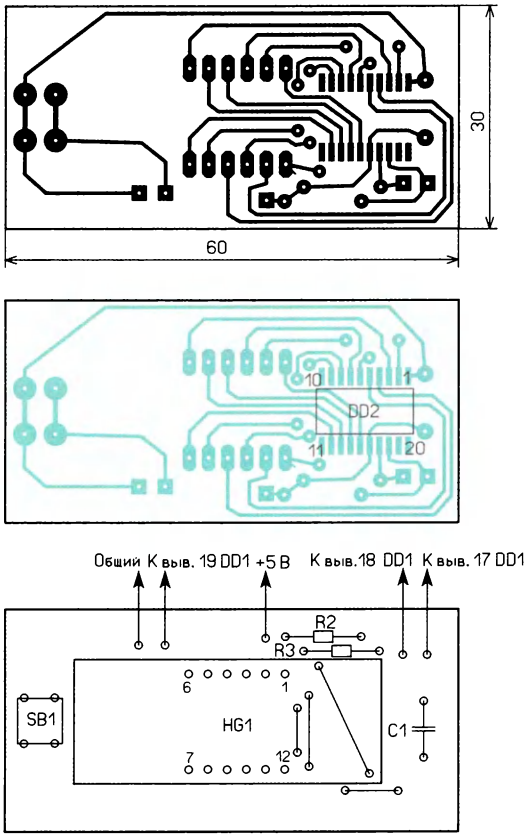


Рис. 8

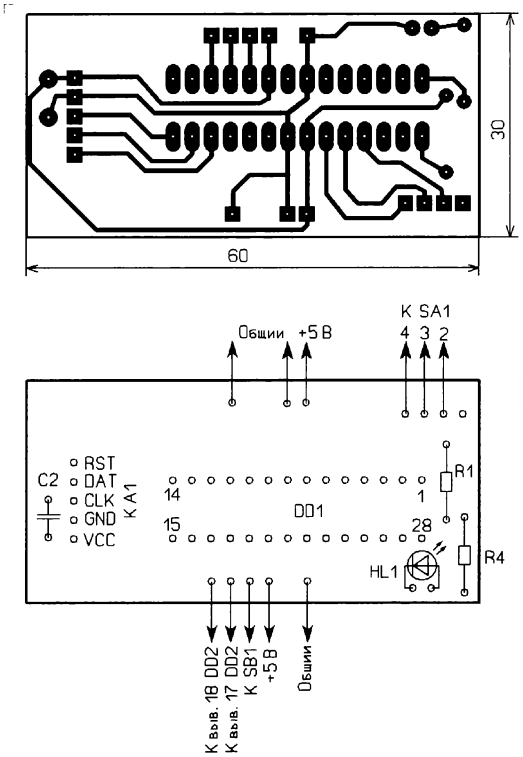


Рис. 9

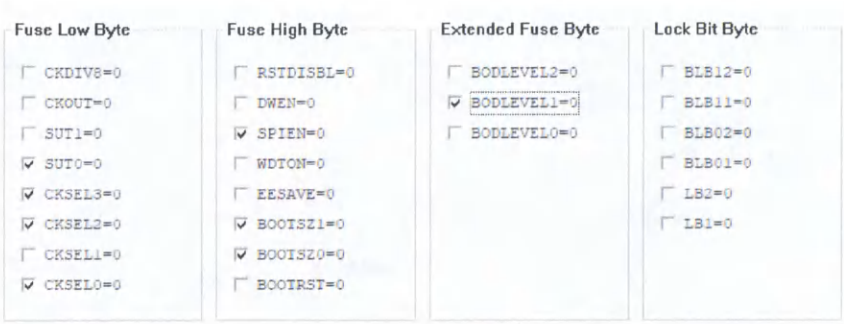


Рис. 10

память по умолчанию при первом запуске часов.

Часы корректно отсчитывают остаток минут при переходе через полночь. Ограничения значений для ввода значений: для начала отсчёта — 0—23 ч и 0—59 мин. Для продолжительности рабочего времени ограничения 2—24 ч и 0—59 мин. Максимальная продолжительность рабочего времени составляет 24 ч 00 мин (сутки). Минуты в последнем случае будут принудительно установлены равными 0.

Остаток времени вычисляется по следующему алгоритму:

— текущее время переводится в минуты;

— время начала смены переводится в минуты;

— продолжительность смены переводится в минуты;

— из суммы времени начала и продолжительности вычитается текущее время;

— берётся остаток от деления полученного числа на 1440 мин;

— если полученное значение отрицательное или больше продолжительности смены, на индикатор выводятся четыре тире;

— если предыдущее условие не выполняется, на индикатор выводится полученное значение со знаком минус впереди.

```
int A = (Hour * 60) + Min;// текущие минуты
int B = (StartH * 60) + StartMin;// начало минуты
int D = (DutyH * 60) + DutyM;// продолжительность минуты
int C = (B + D – A) % 1440;
if ((C < 0) || (C > D)) {// вне рабочего графика
  S ="----";
}else{
  S = "-";
  if (A == B) {S += D;}else{S += C;}// в момент начала смены принудительно присвоить значение D
};// где S — строковая переменная, которая выводится на индикатор.
```

На лицевой панели расположены индикатор HG1 и кнопка SB1 (см. рис. 1). Для часов использован корпус из пластмассы размерами 66×36×100 мм. Внутри корпуса имеются пять пазов, в которые вертикально вставляются платы устройства, а также лицевая и задняя панели (**рис. 6** и **рис. 7**). Все платы соединены монтажным проводом МГТФ-0,07. Размеры плат — 60×30 мм.

Платы устройства выполнены из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1...1,5. Для индикатора пришлось изготовить специальную плату, так как приобретённый на Алиэкспрессе индикатор не подходит по размеру, не управляет десятичными точками и не имеет кнопки. Чертёж печатной платы индикатора и схема расположения элементов показаны на **рис. 8**. С лицевой стороны платы индикатора монтируют сам индикатор HG1, кнопку SB1, конденсатор C1 и резисторы R2 и R3. На плате имеют-

ся четыре проволочные перемычки. На стороне печатных проводников припаивается микросхема драйвера индикатора DD2. Плата индикатора подключена с помощью пяти проводов к плате управления с МК. В пластиковой лицевой пластине корпуса были прорезаны прямоугольное отверстие для индикатора и круглое — для кнопки. Плата индикатора закреплена на передней панели с помощью пластиковых подставок и термоклея.

Рис. 11

Чертёж печатной платы управления и схема расположения на ней элементов приведены на **рис. 9**. На плату со стороны печатных проводников установлен модуль часов реального времени. Он соединён с платой управления с помощью пайки и штыревого разъёма, входящего в комплект модуля (см. рис. 7). Плата управления соединена двумя проводами с модулем питания.

Модуль питания A2 имеет входной предохранитель и светодиодный индикатор наличия напряжения на выходе. Чтобы он не наводил помехи на плату управления с часами, между платами модулей необходимо установить защитный экран из алюминия толщиной 0,5...1,5 мм в свободный паз корпуса (см. рис. 6). Экран должен быть соединён с минусовой линией питания, он вырезается по месту, чтобы полностью перекрывать пространство в корпусе. Для прокладки проводов в экране делают боковые прорези достаточной глубины и ширины.

На задней панели корпуса установлены переключатель SA1, USB-разъём типа A и сделано отверстие под шнур питания (см. рис. 3). У переключателя SA1 контакт первого положения никуда не подключён. Отсутствие сигналов логического нуля на выводах 4, 5 и 6 МК DD1 воспринимается как первое положение переключателя. Высокие логические уровни на выводах переключателя образуются за счёт программного подключения подтягивающих резисторов в МК к плюсовой линии питания.

В МК DD1 программируется только FLASH-память. EEPROM программировать не нужно. Fuse-биты, отвечающие за конфигурацию микроконтроллера, приведены на **рис. 10**. Галочками отмечены биты, которые нужно запрограммировать, т. е. установить в состояние 0. В МК использован встроенный тактовый генератор (источник тактового сигнала определяется программированием бит CKSEL0...3), галочку CKDIV8 необходимо снять, так как этот бит включает делитель тактового сигнала на 8, что может привести к неправильной работе устройства.

После проверки правильности монтажа устанавливают запрограммированный МК в панель, элемент питания часов в держатель и подают питающее напряжение. О запуске программы в МК сигнализируют импульсы светодиода HL1 и показания времени на индикаторе. Переключая SA1, убеждаются в правильном его подключении по соответствию цифр на индикаторе фактическому положению. Затем нужно установить переключатель SA1 в положение 1. Установить текущее время и последовательно ввести нужные настройки времён начала и длительности смен для тех положений переключателя SA1, где эти уставки по умолчанию не подходят. По окончании установки нужно выйти в режим отображения времени. После этого выключают питание на несколько минут. Затем включают, чтобы убедиться, что ход часов сохраняется.

Эти часы были сконструированы для гальванического и термического цехов для удобства планирования рабочего времени. Например, цикл обработки детали занимает 25 мин, а до конца смены остаётся 200 мин, подсчитать число циклов не составит труда, в то же время по обычным часам это вызывает затруднения.

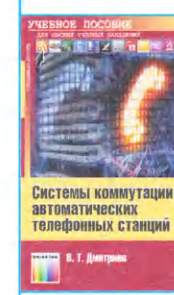
В устройстве использованы следующие детали: МК DD1 — ATmega328-PU в DIP-корпусе, 28-контактная панель для него, модуль часов реального времени DS1302 в сборе на одной плате с кварцевым резонатором 32768 Гц, держателем для элемента питания CR2032 и деталями "обвески", микросхема дисплея DD2 (серии TM1637) — в корпусе SOP20. Индикатор HG1 — 4041BS-1 с общим анодом и разделительным двоеточием. Светодиод HL1 — АЛ307БМ или любой аналогичный. Переключатель SA1 — RS1010 или любой другой малогабаритный на четыре положения и одно направление. Кнопка SB1 — KLS7-TS6601-9.5-180. Резисторы — МЛТ, С2-23 или импортные, все конденсаторы — керамические. Корпус часов — 15-8 (100×66×36)/RUICHI. Корпус не комплектуется ножками, поэтому в их качестве использованы отрезки трубочки для коктейлей подходящего диаметра, плотно входящие в отверстия для винтов в нижней части корпуса (**рис. 11**). После установки корпуса на ножки, чтобы он не качался, ножки выравнивают об расстеленную по столу мелкую наждачную бумагу.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мятликов В.** Электронные часы. — Радио, 1974, № 2, 4 с. вкладки, с. 49—51.
2. **Балакирев В., Юрченко Н.** Электронные часы на интегральных микросхемах. — Радио, 1974, № 9, с. 23—25.

От редакции. *Чертежи печатных плат в редакционном и авторском вариантах и файл для программирования микроконтроллера находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/clock.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Вышла в свет новая книга



Дмитриев В. Т.
Сети связи. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023. — 144 с.: ил.
ISBN 978-5-9912-1055-3

Систематизированы сведения в области организации систем коммутации и принципов построения сетей связи. Рассмотрена история развития систем коммутации в сетях связи. Рассмотрены вопросы синхронизации и сигнализации в сетях телефонной связи, а также принципы управления сетями связи. Пособие рекомендуется для использования при изучении курса "Сети связи и системы коммутации".

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.02 — "Сети, системы и устройства телекоммуникаций" (уровень — бакалавриат) и 11.04.02 —"Инфокоммуникационные технологии и системы связи" (уровень — магистратура).

Адрес издательства в Интернет WWW.TECHBOOK.RU

РАДИО
ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ
начинающим

"Отрывной" электронный календарь на дисплее e-paper 4.2"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Наверное, каждый в своей жизни, если не пользовался, то хотя бы видел отрывной настенный календарь, раньше в народе называвшийся численником. Каждый прожитый день — оторванный листок календаря, рождал в душе человека весёлые или грустные эмоции: "Маленький Иоганн с помощью отрывного календаря, который Ида сделала ему, и на последнем листе которого была нарисована ёлка, с бьющимся сердцем следил за приближением несравненного времени" [1].

Сейчас такие календари вышли из моды, уступив место другим. Автор решил сделать электронную версию календаря, похожего на отрывной. На **рис. 1** представлен внешний вид конструкции такого календаря. Его основа 1 — модуль дисплея с чёрно-белым экраном e-paper на базе чипа SSD1683. Он имеет разрешение 300×400 пикселей и габаритные размеры 91,8×89,8 мм. Подробнее с параметрами этого модуля можно ознакомиться в [2]. Элемент 2 — это два держателя, задающих экрану наклонное положение на подставке-корпусе 3. Отрыв листка календаря производится с помощью выключателя питания 4 (кнопка с фиксацией положения).

Рис. 1

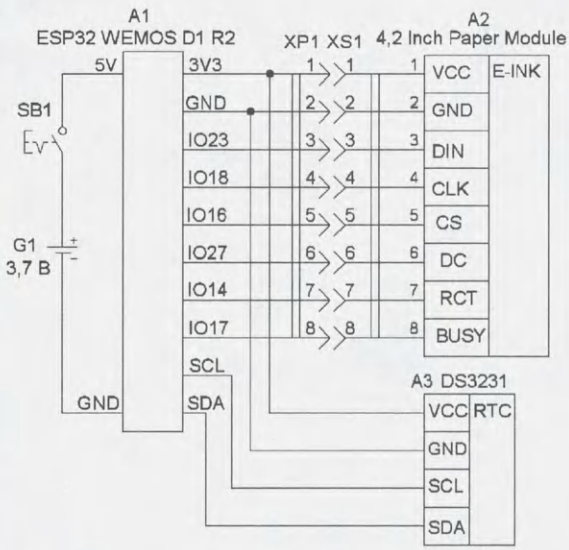


Рис. 2

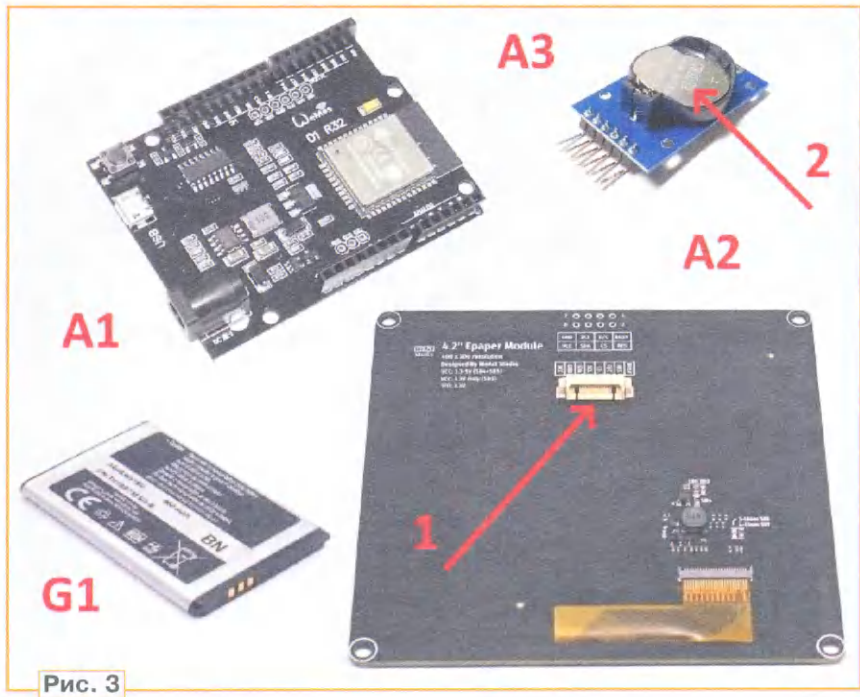


Рис. 3

Рис. 4

Схема календаря показана на **рис. 2**. Модуль A1 — плата управления дисплеем, содержащая микроконтроллер (МК). Его программа реализует следующую логику работы. После включения питания (смена даты) выключателем SB1 происходит запрос данных на модуль времени A3 о значении числа месяца, номера месяца, номера дня недели. По полученным данным производится сопоставление выводимых на экран графических элементов (см. рис. 1) по четырём составляющим: число месяца, название месяца, название дня недели, значок актуального знака по гороскопу. В фоновом изображении внизу имеется номер текущего года. После обновления содержания экрана A2 данный модуль переводится в спящий режим, и питание календаря можно отключать до следующего дня. Конструкция не требовательна к питанию, автор использовал Li-Ion аккумулятор напряжением 3,7 В от старого сотового телефона. Внешний вид комплекта модулей календаря показан на **рис. 3**.

Элементы A1, A3 и G1 размещают внутри корпуса 3 (см. рис. 1). Корпус приобретён в магазине электротоваров и является накладной распределительной коробкой для электропроводки. Она имеет габаритные размеры 104×104×29 мм. Держатели 2 напечатаны на 3D-принтере. Их конструкция — копия держателей триптиха из [3]. Модуль экрана соединён с платой МК гибким съёмным шлейфом из тонких проводов (идёт в комплекте с экраном). Для его проводки в верхней крышке корпуса просверлено отверстие диаметром 6 мм. Разъём 1 (рис. 3) для шлейфа имеет восемь контактов. Таким образом, экран с держателями и основание-корпус можно сделать как два отдельных элемента. Иначе есть смысл закрепить держатели с помощью секундного клея к поверхности крышки. Модуль часов реального времени питается от элемента 2 (CR2032) напряжением 3 В.

Набор графики календаря поясняет **рис. 4**. Он состоит из пяти частей. Первая — надписи названий месяцев в году. Каждое изображение имеет размеры 56×248 пикселей. Вторая часть — фоновая картинка листков календаря на текущий год. Третий комплект — это цифры от 0 до 9 с размерами изображения 72×144 пикселей. Четвёртая часть — это эмблемы знаков зодиака размерами 96×96 пикселей. И последняя часть — надписи названий дней недели с размерами 32×200 пикселей. Таким образом, набор содержит всего 42 мини-картинки, из которых формируется изображение каждого ежедневного листка в течение года.

Основой для управляющего скетча послужило ПО от производителя-конкурента модуля e-paper. Подробнее о нём изложено в [3]. Модуль часов предварительно выставляют по текущему времени, пользуясь примером из библиотеки DS3231.h set_echo_.ino.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Томас Манн**. Будденброки. История гибели одного семейства. — URL: **https://studfile.net/preview/3607283/page:11/** (14.09.24).

2. WeAct 4,2''. 4,2 дюймовый Epaper модуль E-paper E-Ink EInk экран дисплея SPI чёрно-белый. — URL: **https://aliexpress.ru/item/1005007133350270.html?sku_id=12000039517565965&spm=a2g2w.productlist.search_results.1.78643456m5HAmJ** (14.09.24).

3. **Мамичев Д.** Электронный триптих. — Радио, 2024, № 9, с. 56—59.

От редакции. *Файлы проекта находятся по адресу* ***http://ftp.radio.ru/pub/2024/12/kalend.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Доработки модулей зарядки на микросхеме TP4056

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье приводятся описания различных несложных доработок модулей зарядки на основе микросхемы серии TP4056, расширяющие их возможности. Все доработки реализованы для модуля FC-75 (**рис. 1**), но их можно сделать и для других модулей зарядки на основе указанной микросхемы.

Облегчение теплового режима модуля. Модуль FC-75 предназначен для зарядки Li-Ion аккумуляторов током до 1 А. Если таким током производится зарядка аккумулятора с напряжением 3 В, на микросхеме будет рассеиваться мощность около 2 Вт, это вызовет значительный нагрев, что в итоге отрицательно сказывается на надёжности. Кроме того, при сильном нагреве зарядный ток уменьшается [1]. Правда, по мере зарядки аккумулятора напряжение на микросхеме будет уменьшаться, поэтому уменьшится и нагрев модуля.

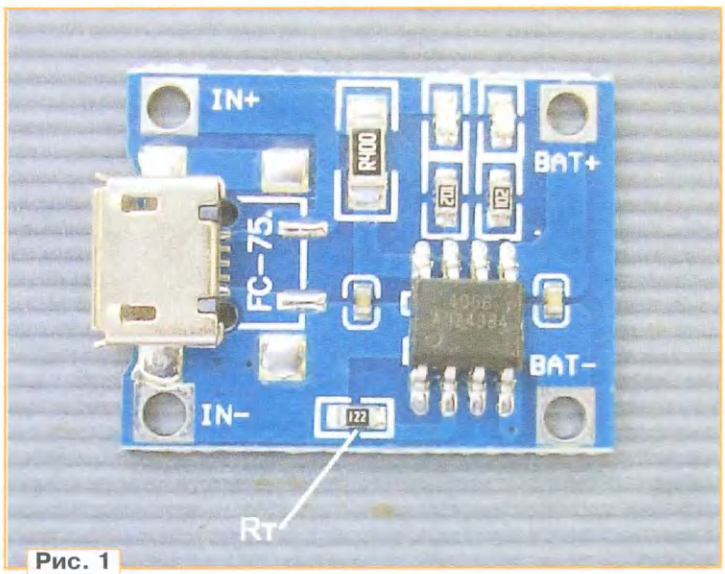


Рис. 1

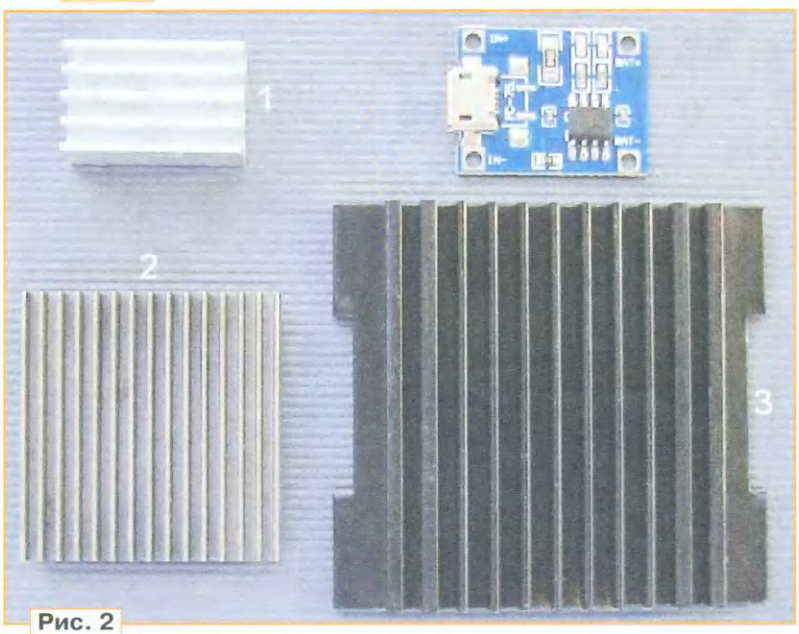


Рис. 2

Чтобы уменьшить нагрев, можно уменьшить ток зарядки, который зависит от сопротивления резистора $R_т$ (показан на рис. 1): $R_т$ (кОм) = 1,2/$I_з$ (А). Но такой вариант может быть неприемлем, если требуется максимально допустимый ток модуля. Тогда для уменьшения его температуры можно применить теплоотвод, Его размеры не обязательно должны быть большими, поскольку эффективность отвода тепла от микросхемы TP4056 сильно зависит от конструкции модуля FC-75. Различные варианты теплоотводов показаны на **рис. 2**. Размеры теплоотвода 1 позволяют закрепить его непосредственно на корпусе микросхемы (**рис. 3**) с помощью теплопроводящего клея, например STARS-922. Этот теплоотвод позволит уменьшить температуру на несколько градусов, поскольку размеры теплоотвода невелики, а пластмассовый корпус микросхемы не слишком хорошо проводит тепло.

Более эффективным будет теплоотвод 2 (см. рис. 2), если модуль приклеить теплопроводящим клеем стороной, свободной от деталей (**рис. 4**). При этом слой клея должен быть таким, чтобы контактные площадки модуля, незащищённые лаковым покрытием, не касались теплоотвода во избежание короткого замыкания. Эффективность отвода тепла в этом случае будет значительно лучше, потому что микросхемы серии TP4056 имеют корпус SOP8-PP [2], у которого в основании есть специальная металлическая площадка для отвода тепла. Её припаивают к фольге (полигону) печатной платы для отвода тепла. Если плата двухсторонняя (как у модуля FC-75), у этой площадки микросхемы делают металлизированные отверстия для отвода тепла на вторую металлизированную сторону платы. Эти отверстия выделены цветом на **рис. 5**.

Поэтому размещение модуля FC-75 на теплоотводе поможет снизить температуру микросхемы. Например, при

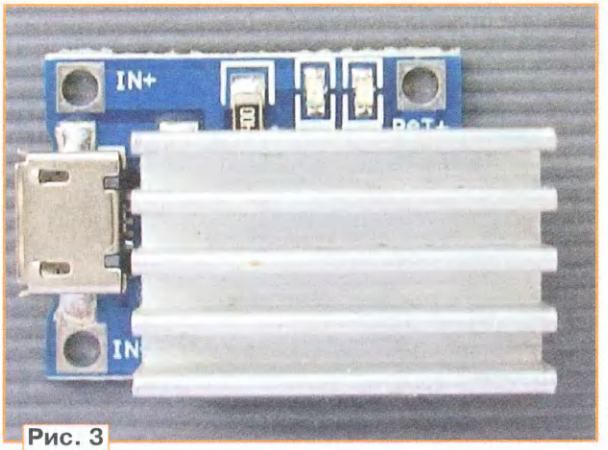


Рис. 3

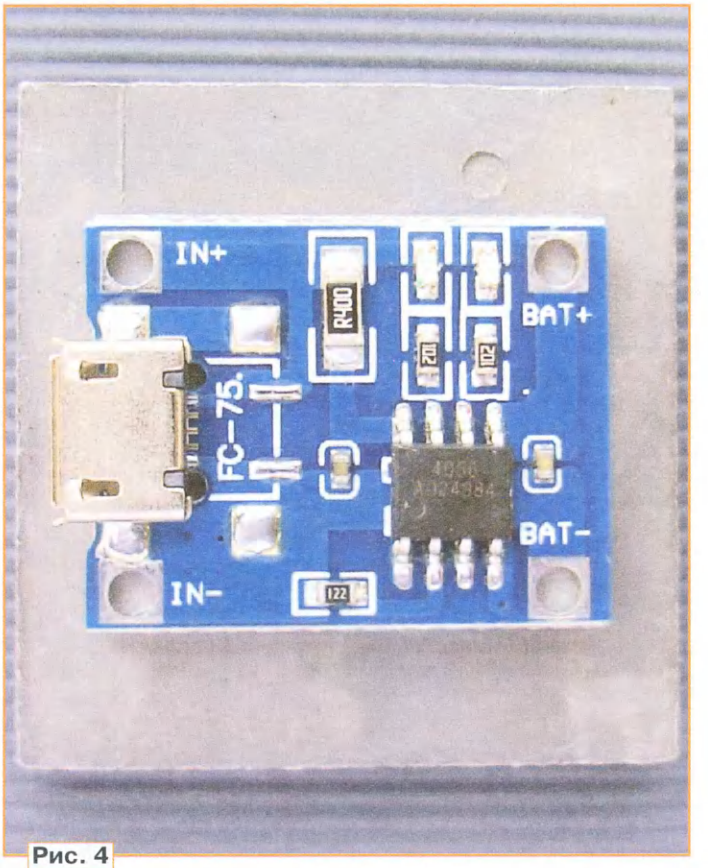


Рис. 4

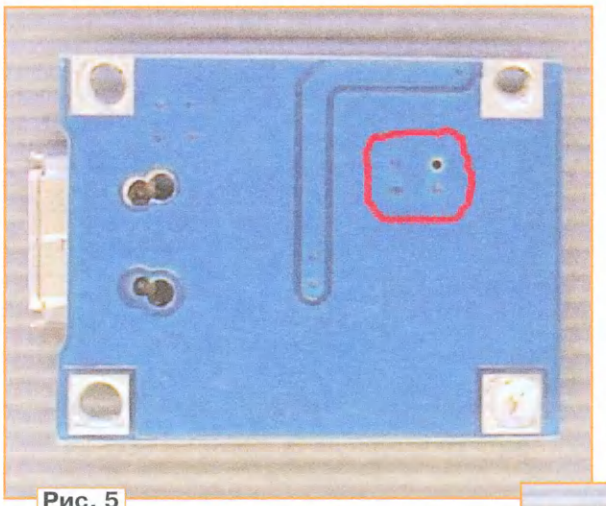
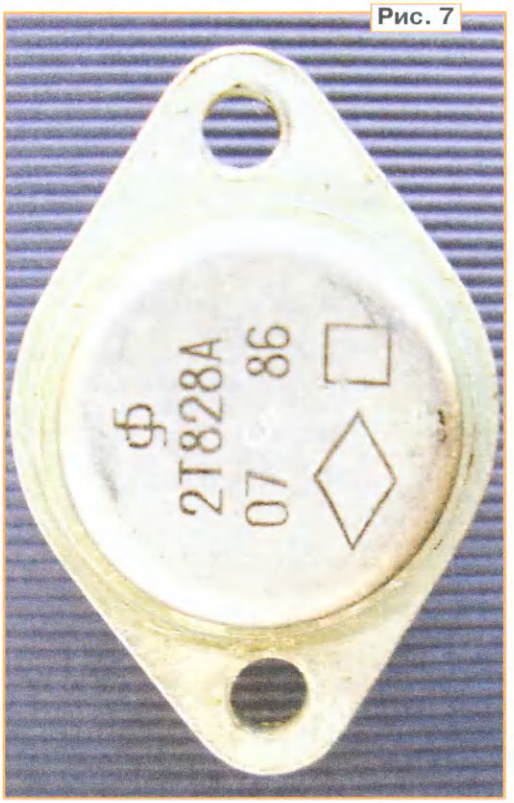


Рис. 5

Рис. 7



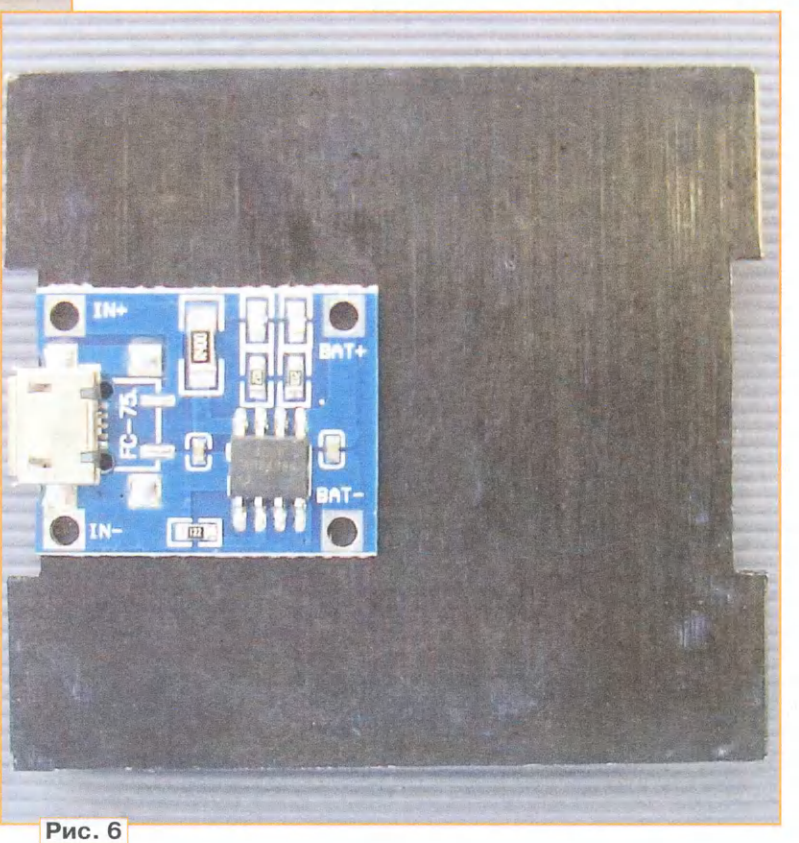


Рис. 6

токе зарядки 0,9 А и падении напряжения на модуле около 2 В температура микросхемы без теплоотвода была 75 °С, а после её установки на теплоотвод 2 (см. рис. 2) она уменьшилась до 57 °С. В аналогичной ситуации при установке модуля на теплоотвод большего размера (**рис. 6**) температура микросхемы уменьшилась до 53 °С. Таким образом, существенное увеличение площади теплоотвода не даёт пропорционального уменьшения температуры микросхемы. Обусловлено это тем, что тепло от микросхемы на плату отводится не очень эффективно. Увеличить эту эффективность можно, если установить

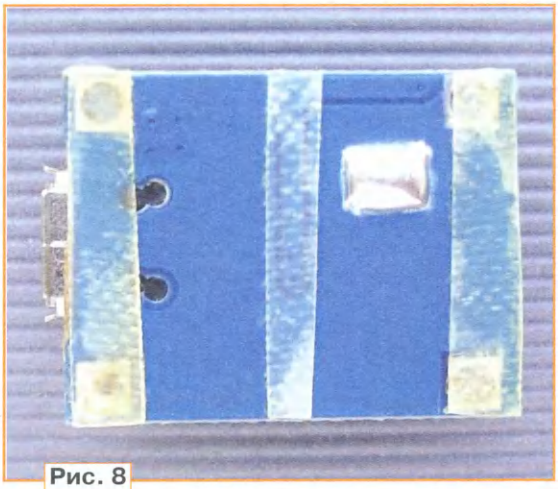


Рис. 8

Рис. 9

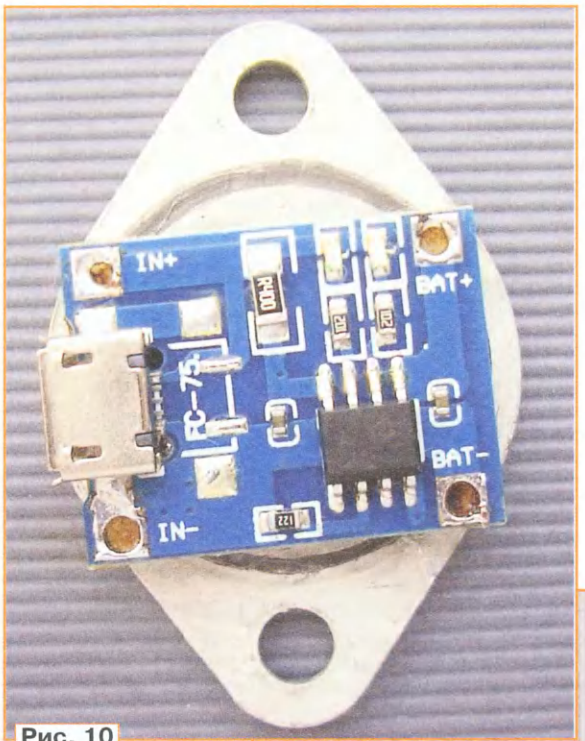


Рис. 10

микросхему непосредственно на теплоотвод.

Следует помнить, что применённые теплоотводы охлаждаются за счёт конвекции воздуха, поэтому они должны быть размещены на открытом воздухе, а не в закрытом корпусе. Можно, конечно, применить обдув модуля и теплоотвода вентилятором, но это слишком усложнит конструкцию.

Если нет теплопроводящего клея и подходящего теплоотвода, для более эффективного отвода тепла модуль FC-75 (и аналогичные) можно установить на фланце корпуса ТО-3 мощного транзистора (**рис. 7**) с помощью пайки. Сначала на задней стороне платы аккуратно скальпелем или резаком счищают защитное покрытие (не повредив металлизацию) вокруг металлизированных отверстий под микросхемой, выделенных на рис. 5 цветом. Затем это место залуживают и наносят с избытком припой, сделав из него наплыв. Если есть в наличии более легкоплавкий припой, следует использовать его. Для защиты контактных площадок с отверстиями по углам платы модуля на плату наклеивают полоски тонкого стеклотекстолита (**рис. 8**).

У транзистора надо удалить верхнюю часть корпуса, которая закрывает кристалл. Сделать это можно с помощью тисков, зажав в них верхнюю часть. При сжатии она сминается, отслаиваясь от фланца (**рис. 9**). Сделать это надо в нескольких положениях

Рис. 11

транзистора. Необходимо аккуратно удалить выводы транзистора, чтобы они не выступали над фланцем (Осторожно! Изоляторы выводов стеклянные). Затем, разогрев фланец с помощью термофена, удаляют кристалл транзистора и наносят на него припой. После этого на него устанавливают плату с наплывом припоя. Надо обратить внимание на детали на плате, они могут отпаяться. Модуль FC-75 можно использовать с таким фланцем (**рис. 10**) или установить его на теплоотвод с большей площадью.

Для отвода тепла от модуля можно использовать также корпус с теплоотводящим крепёжным винтом от мощного диода (**рис. 11**), транзистора или тиристора. Для этого верхнюю часть корпуса с изолятором аккуратно разбирают (Осторожно! Изоляторы выводов — стеклянные), удаляют кристалл, разогревают оставшуюся часть корпуса, наносят припой и аналогично устанавливают

плату модуля. После такой доработки модуль можно крепить на теплоотводе.

Увеличение тока зарядки. При зарядке Li-Ion аккумуляторов большой ёмкости или одновременной зарядке параллельно соединённых аккумуляторов требуется ток, превышающий максимальный ток зарядки модуля FC-75 (и аналогичных), например 2 А. В этом случае можно включить параллельно

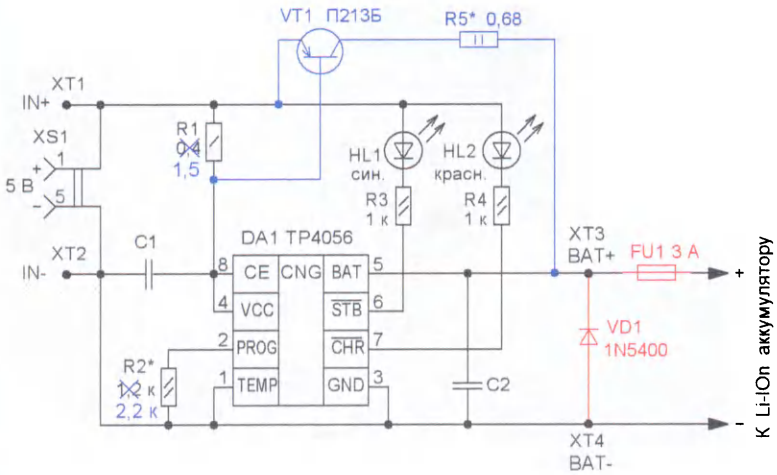


Рис. 12

два однотипных модуля и обеспечить требуемый зарядный ток. Но при этом оба модуля будут существенно нагреваться, что нежелательно. Можно уменьшить максимальный ток зарядки модулей, например до 0,5 А, установив токозадающий резистор $R_т$ соответствующего сопротивления. Но в этом случае для обеспечения зарядного тока 2 А потребуется уже четыре параллельно соединённых модуля. Но можно пойти другим путём — установить дополнительный мощный транзистор. В этом случае большая часть зарядного тока будет протекать через транзистор, а когда он уменьшится до определённого уровня, транзистор закроется, и окончание зарядки будет уже контролировать модуль FC-75.

Схема доработки модуля проста и показана на **рис. 12**. Эта доработка обеспечивает максимальный зарядный ток 1,5...2 А. Нумерация элементов — произвольная, поскольку на плате модуля она отсутствует, дополнительные элементы выделены цветом. Элементы, выделенные на схеме красным, устанавливают в случае, если существует вероятность подключения заряжаемого аккумулятора в неправильной полярности. Надо заменить токозадающий резистор R2 ($R_т$) сопротивлением 1,2 кОм резистором сопротивлением 2,2 кОм, что уменьшит максимальный ток зарядки модуля до 0,5 А и снизит его температуру. Штатный резистор R1 сопротивлением 0,4 Ом заменяют резистором сопротивлением 1,5 Ом. К модулю подключают транзистор VT1 и токоограничивающий резистор R5. Выбран германиевый транзистор, поскольку у него меньше напряжение база—эмиттер, чем у кремниевого.

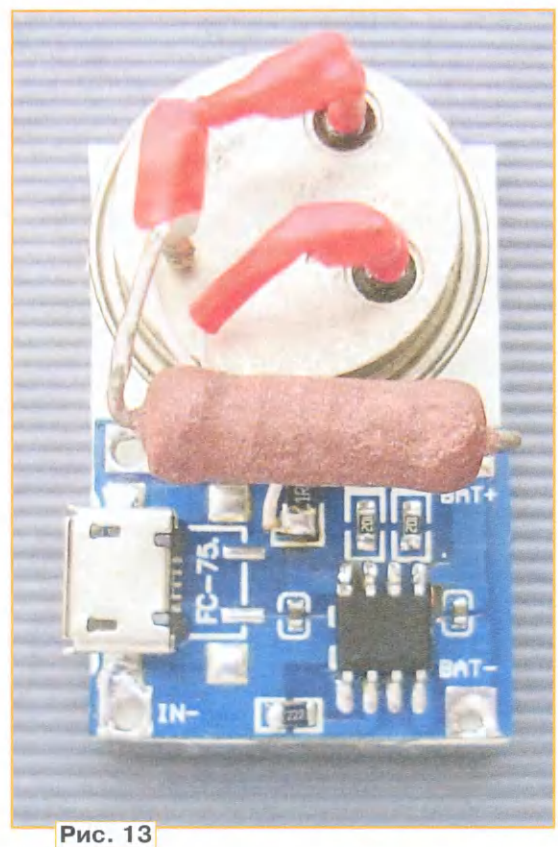


Рис. 13

Работает доработанное устройство следующим образом. После подключения заряжаемого аккумулятора и источника питания напряжением 5 В начнётся зарядка, при этом включится светодиод красного свечения. Но следует учесть, что контакты USB-разъёма XS1 не рассчитаны на большой ток, поэтому источник питания надо подключать к контактам XT1 и XT2. При протекании зарядного тока 0,5 А на резисторе R1 будет падать напряжение, достаточное для открывания транзистора VT1, поэтому через него потечёт ток, который ограничен резистором R5. Этот ток будет складываться с током микросхемы TP4056. При этом большая часть выделяемой мощности рассеивается на этом резисторе.

По мере зарядки аккумулятора, при достижении определённого напряжения на нём, ток зарядки уменьшается. Напряжение на резисторе R1 постепенно уменьшается, и транзистор закрывается. В результате ток зарядки будет протекать только через микросхему TP4056 модуля, которая и будет контролировать дальнейший процесс зарядки, по окончании которой включится светодиод синего свечения.

Если при подключении заряжаемого аккумулятора его напряжение будет менее 2,9 В, предварительная зарядка будет проводиться током в десять раз меньше максимального, т. е. 50 мА. При таком токе напряжения на резисторе R1 будет недостаточно для открывания транзистора VT1, и он участвовать в зарядке не будет до тех пор, пока его напряжение аккумулятора не превысит 2,9 В. После этого ток через микросхему TP4056 увеличится до 0,5 А, транзистор откроется и зарядный ток увеличится.

Транзистор вместе с модулем можно закрепить с помощью клея на отрезке пластмассы (**рис. 13**). Резистор R1, на котором рассеивается существенная мощность, должен находиться в воздухе для эффективного охлаждения.

Чтобы увеличить ток зарядки до 3...4 А, для охлаждения транзистор следует установить на теплоотвод небольшого размера, на нём можно с помощью теплопроводящего клея закрепить модуль (**рис. 14**). Сопротивление резистора R1 надо увеличить до 3...4 Ом, а параллельно резистору R5 установить точно такой же. Модуль FC-75 следует установить с помощью теплопроводящего клея на теп-

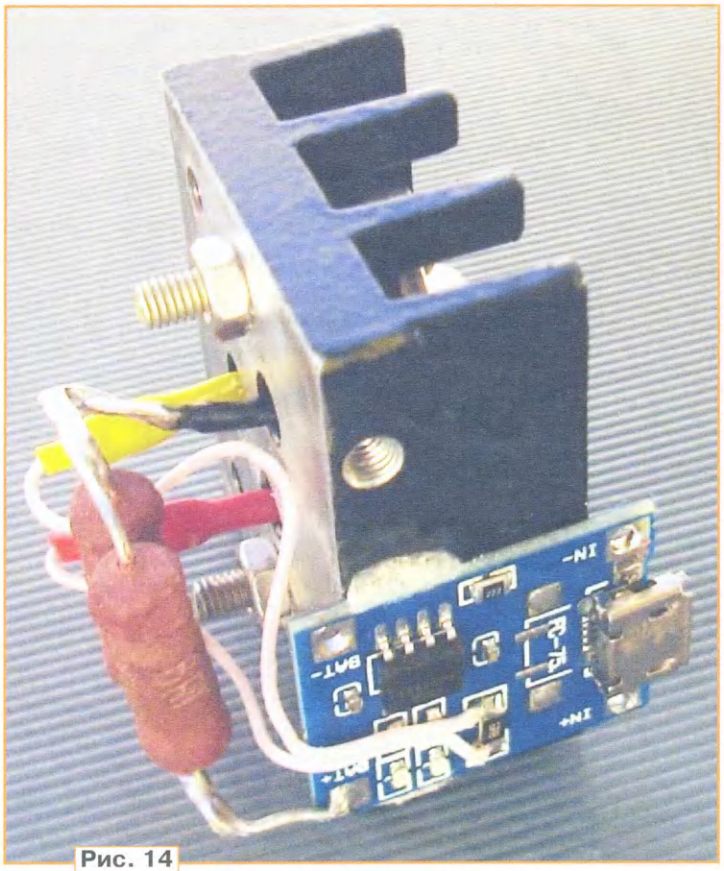


Рис. 14

лоотводе, на котором размещён транзистор. Токоограничивающие резисторы устанавливают "в воздухе", припаяв их к выводу коллектора транзистора и контакту XT3 модуля. Их лучше разместить подальше от теплоотвода, чтобы они охлаждались более эффективно. При этом следует учесть, если аккумулятор сильно разряжен (напряжение не более 2,9 В), его предварительная зарядка будет осуществляться током в десять раз меньше установленного резистором R2.

Коэффициент передачи тока базы транзистора должен быть не менее 40. Подойдут транзисторы П213Б, П214, П214А, П214Б, КТ906А. При использовании кремниевого мощного транзистора потребуется увеличение сопротивления резистора R1, что нежелательно, поскольку на микросхеме TP4056 будет падать меньше напряжение, что может сказаться на работе модуля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модуль TP4056. — URL: **https://beriled.biz/data/files/tp4056new.pdf** (01.10.24).

2. SOP8-PP. — URL: **https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/510541/AME/SOP-8PP.html** (01.10.24).

Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Lichee"

("Радио", 2024, № 11, с. 63, 64)

Р. СЕРГЕЕНКО, г. Гомель, Беларусь

1. Ответ — 0 или 1. В тракте USB одно устройство должно быть ведущим (host, master), а другое — ведомым (device, slave). Пример — компьютер является хостом для принтера. Однако современные прикладные процессоры (AP) и микроконтроллеры могут переключаться между режимами, становясь то ведущими, то ведомыми.

Переключение режимов производится сигналом идентификации ID с помощью так называемого OTG-кабеля, в котором замкнуты цепи ID и GND. Но это справедливо для пятиконтактных разъёмов miniUSB и microUSB.

В рассматриваемой схеме применяется четырёхконтактный разъём J9 USB-A, поэтому сигнал P6_USB_ID коммутируется вручную замыканием контактов 1 и 2 переключателя P16. Маркировка возле него отсутствует, но она может быть как "Host — Device", так и "Master — Slave".

2. Ответ — 1. AP SG2002 китайской фирмы Sophgo является уникальным в своём роде и содержит три разные архитектуры: RISC-V (читается "риск файв"), ARM и 8051. При этом в нём имеется не одно, а два главных 64-разрядных процессорных ядра с тактовой частотой 1 ГГц: ARM Cortex-A53 и RISC-V T-Head C906. Переключение между ними производится аппаратно логическим сигналом CPU_SEL на выводе 67.

По умолчанию резистор R2 сопротивлением 5,1 кОм обеспечивает уровень лог. 1 сигнала CPU_SEL, значит, изначально активно ядро RISC-V. Если резистор R2 переставить на посадочное место резистора R7, уровень сигнала CPU_SEL изменится, и первым будет запускаться в работу ядро ARM.

3. Ответ — 1. Модуль U7 TL8800DC — это двухдиапазонный конвертер USB Wi-Fi/BT5 фирмы AIC Solution. Он представляет собой

плату размерами 12,2×13 мм, на которой установлены чип AIC8800DC, кварцевый резонатор, резисторы, конденсаторы. На подобных модулях строятся адаптеры Wi-Fi, которые по-другому называются "свистками" или донглами. Они вставляются в разъём USB компьютера (ноутбука) и обеспечивают выход в Интернет.

U13 — это не полупроводниковое устройство (как можно было бы подумать), а ВЧ-разъём диапазона 2,4 ГГц. К нему, согласно вопросу викторины, должна подключаться антенна с разъёмом SMA. Но в надписи возле элемента U13 фигурирует слово IPEX, что обозначает совсем другую категорию соединителей.

На **рис. 1** показан короткий соединительный кабель-переходник SMA—IPEX, который надо включить между антенной и разъёмом U13. Как видно, IPEX миниатюрнее по размерам, чем SMA (диаметр 3 мм против 5,8 мм), хотя и обладает такими же параметрами: максимальная частота — 6 ГГц, волновое сопротивление — 50 Ом.

Важный нюанс. Строго говоря, разъёмов IPEX не существует, это нарицательное название. Немного истории. Первыми появились микроминиатюрные коаксиальные разъёмы U.FL фирмы Hirose, которые соединялись не с помощью резьбы, а механическим прижимом. Вскоре их полные аналоги стали выпускать фирмы I-PEX (линейка MHF) и Amphenol (линейка AMC). Надо учитывать, что название IPEX или IPX по умолчанию относится к разъёмам диаметром 3 мм, хотя встречаются соединители IPEX MHF диаметром 2 мм [1].

Рис. 1

4 **Ответ — 0**. Микросхема CC6201CT фирмы CrossChip — это высокочувствительный датчик Холла, реагирующий как на северный, так и на южный полюс магнитного поля. Может применяться для замены традиционных герконов. Имеет средний ток потребления 5 мкА, напряжение питания — 2...5 В, гистерезис — 8 Гс. Устойчив к изменению температуры и механическим воздействиям.

Резисторы R3004, R3005 для нормальной работы датчика не нужны, поскольку микросхема U3001 имеет выход КМОП с двумя уровнями. Но резисторы могут понадобиться при отладочных и ремонтных работах. Например, если удалить датчик Холла, то установка резистора R3004 сопротивлением 10 кОм эквивалентна постоянному наличию магнитного поля, а установка резистора R3005 — его отсутствию.

5 **Ответ — 0**. Модуль LM3H имеет краевой двухсторонний печатный разъём с ламелями. Его левая и правая части одинаковы. В разъёмах имеются вырезы, характерные для формфактора плат NGFF M.2 M-Key, применяемых в SSD-дисках, модемах 3G/4G, Wi-Fi, WiGig, Bluetooth и др.

Маркировка контактов разъёма числами 1—150 условная. Физически ламелей не 150, а гораздо меньше. На лицевой стороне их 68, а на двух сторонах — в сумме 132. Всё дело в стандартизованном "вырезе" контактов 59—66 разъёма M.2 с ключом M [2].

На электрической схеме нумерация ламелей совпадает с маркировкой печатного разъёма и точно также прерывается в числах (**рис. 2**).

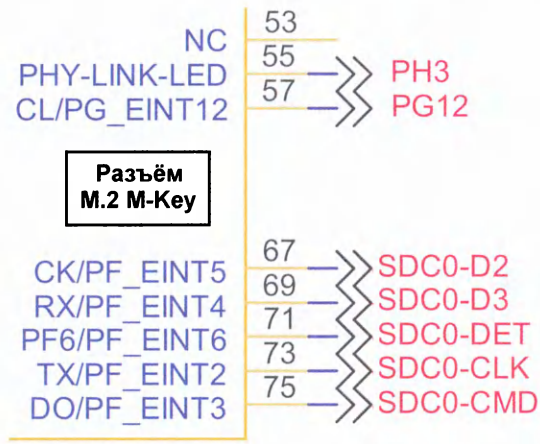


Рис. 2

6 **Ответ — 0**. Опрос кнопок S2—S5 производится измерением напряжения в цепи LRADC программными средствами АР через внутренний шестиразрядный АЦП. Резисторы образуют делитель, верхним плечом которого служит резистор R16, а нижним — резисторы R17—R20, включённые последовательно, в зависимости от нажатой кнопки.

Формула для расчёта:

$V_{LRADC} = AVCC \cdot R_X/(R16 + R_X)$, где AVCC = 3 В — напряжение источника питания, R16 = 100 кОм, R_X = 6,8 кОм (нажатие на кнопку S2), R_X = 6,8 + 8,2 = = 15 кОм (нажатие на кнопку S3), R_X = 6,8 + 8,2 + 10 = 25 кОм (нажатие на кнопку S4), R_X = 6,8 + 8,2 +10 + 11 = = 36 кОм (нажатие на кнопку S5).

После подстановки чисел в формулу получается ряд напряжений V_{LRADC}: 0,19 В, 0,39 В, 0,6 В и 0,79 В, что округлённо соответствует числам 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 на схеме.

7 **Ответ — 1**. Принципиальные схемы некоторых микрокомпьютеров (SBC) линейки Lichee нарисованы в KiCad. Это кроссплатформенный комплекс программ с открытым исходным кодом, предназначенный для разработки электрических схем и автоматизированной разводки многослойных печатных плат. Распространяется бесплатно по лицензии GNU/GPL.

Сложные многостраничные схемы в KiCad создаются по иерархии, когда листы делятся на родительские (корневые) и дочерние (дополнительные). Навигация между ними осуществляется по ссылкам. Считается, что иерархический вид схемы улучшает её читаемость и структурирует взаимосвязи между блоками.

Каждый новый лист схемы автоматически сохраняется в проекте в виде файла с расширением kicad_sch и уникальным именем [3]. Название файла прописывается в основной надписи листа, чтобы его легко можно было найти (**рис. 3**).

Схема SBC LonganPi 3H содержит семь листов формата KiCad-6.0. Контейнер TF и ссылка на файл TF.kicad_sch размещаются на листе 2, а содержимое самого файла — на листе 5.

Никаких дополнительных файлов из Интернета скачивать не надо.

8 **Ответ — 0.** Замыкание контактных площадок, на которые устанавливаются SMD-резисторы 0201 сборки RN1, представляет достаточно сложную технологическую задачу. Оперировать надо элементами размерами 0,3×0,6 мм!

Разработчик предлагает два пути решения [4]. Во-первых, запаять четыре "нулевых" SMD-резистора 0201 (требуются микроскоп, паяльная станция, хорошее зрение и твёрдая рука). Во-вторых, закрасить промежуток между контактными площадками ...грифельным карандашом твёрдости 2В. В последнем случае абсолютно короткого замыкания не получится, но поскольку резисторы в сборке RN1 соединяют цифровые сигналы двух микросхем, то последовательное сопротивление в несколько сотен ом не повредит, а может, даже и улучшит форму импульсов.

9 **Ответ — 0.** Микросхема памяти eMMC KLM8G1GETF-B041 фирмы Samsung имеет ёмкость 8 ГБ, структуру NAND Flash 64 Гбит×1, два напряжения питания 1,8 В и 3,3 В, корпус FBGA-15 размерами 11,5×13 мм.

Сигналы D0—D7 относятся к восьмиразрядной шине данных, при этом внутри линий D1—D7 имеются подтягивающие "pull-up" резисторы сопротивлением 10...150 кОм, чтобы входы "не висели в воздухе". Исключение составляет линия D0, что связано с требованием стандартов о совместимости с однопроводным режимом связи 1-bit.

Резистор RM6, упоминаемый в вопросе викторины, как раз и создаёт "pull-up" нагрузку для линии D0. Изначально он не устанавливается. Этот резистор может понадобиться, если, например, после аварийного сброса AP будут наблюдаться произвольные изменения в ячейках памяти микросхемы eMMC из-за "висящего" входа D0.

10 **Ответ — 0.** Микросхема NS2009 фирмы Nsiway является контроллером резистивного тачскрина для дисплеев LCD. Назначение выводов: VDD — напряжение питания; GND — общий; TWIO_SCK, TWIO_SDA — двухпроводная шина I^2C для связи с AP; PENIRQ — прерывание; XP, YP, XN, YN — подключение тачскрина, в котором сопротивления изменяются по осям X и Y в сторону положительных P и отрицательных N значений.

Наличие четырёх проводов связи с тачскрином однозначно указывает на резистивный экран. Для сопряжения с ёмкостными экранами тоже используются контроллеры тачскринов, но у них принцип работы другой, требующий несколько десятков соединительных линий. Например, в контроллере FT6336 фирмы FocalTech имеются 37 драйверных контактов, подключаемых к дисплею с ёмкостным тачскрином.

11 **Ответ — 1.** Микросхема TMI7003C фирмы Toll Microelectronic — это трёхканальный понижающий импульсный стабилизатор напряжения с частотой переключения 1 МГц и током нагрузки до 2,5 А.

На схеме вопроса викторины показан один из трёх каналов микросхемы U4, а именно канал стабилизации 0,9 В (цепь VDD0V9). Стандартными элементами его обвязки служат накопительный дроссель L3, конденсатор фильтра C72 и делитель на резисторах R14, R17, организующий обратную связь по выводу FB3.

К нестандартным элементам относятся резисторы R140, R141 и конденсатор фильтра C81. Они в штатном варианте отсутствуют (DNP), но при установке на плату позволяют регулировать выходное напряжение стабилизатора импульсами PWM изменяющейся скважности.

Максимальное выходное напряжение в цепи VDD0V9 получается при нулевом коэффициенте заполнения, т. е. когда сигнал PWM постоянно находится в лог. 0. На эквивалентной схеме это показано параллельным соединением резисторов R140, R141 и R14 (**рис. 4**).

Выходное напряжение рассчитывается по формуле $VDD0V9 = V_{REF} \cdot (R17 + R_{ЭКВ}) / R_{ЭКВ} = 0{,}6 \cdot (33 + 23{,}7)/23{,}7 = 1{,}43$ В, где V_{REF} — напряжение внутреннего ИОН микросхемы U4; $R_{ЭКВ} = R14 \cdot (R140 + R141)/(R14 + R140 + R141)$ — эквивалентное сопротивление цепочки резисторов R14, R140, R141.

12 **Ответ — 0.** Микросхема AW9962EDNR фирмы Awinic обеспечивает питание светодиодов в подсветке дисплея. Напряжение на подсветку (контакты BL+, BL–) поступает от повышающего преобразователя DC/DC с изменяющимся выходным напряжением до 40 В при постоянном стабильном токе.

Ток подсветки прямо пропорционален сопротивлению резисторов, установленных между выводами 1 и 3 микросхемы U14. При сопротивлении 10 Ом ток равен 20 мА в расчёте на одну цепочку, состоящую из 6—10 последовательных светодиодов белого свечения. Чем больше диагональ дисплея, тем больше светодиодных цепочек в подсветке, тем, соответственно, больше требуется ток, вплоть до 60...80 мА.

В рассматриваемой схеме резисторы R18 и R19 соединяются параллельно, при этом допускается подборка резистора R18 в пределах 3,3...10 Ом согласно таблице, размещённой на электрической схеме SBC. Общее сопротивление указанных резисторов $R_{ОБЩ} = R18 \cdot R19/(R18 + R19) = 10 \cdot 10/(10 + 10) = 5$ Ом.

Чтобы удвоить ток подсветки, сопротивление $R_{ОБЩ}$ должно быть 2,5 Ом. Сделать это можно при R19 = 10 Ом, R18 = 3,3 Ом.

Рис. 3

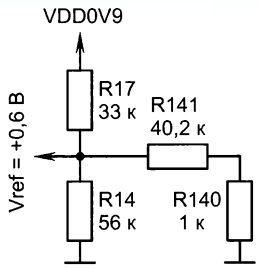


Рис. 4

ЛИТЕРАТУРА

1. RF Connectors. — URL: **https://www.ipex.com/product/rf** (13.09.24).

2. M.2. — URL: **https://ru.ruwiki.ru/wiki/M.2** (13.09.24).

3. Schematic Editor. — URL: **https://docs.kicad.org/8.0/ru/eeschema/eeschema.html** (13.09.24).

4. LicheeRV Nano Package Introduction. — URL: **https://wiki.sipeed.com/hardware/en/lichee/RV_Nano/2_unbox.html** (13.09.24).

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА ЗА 2024 год

Первое число после названия статьи обозначает номер журнала, второе — страницу (начало статьи). Материалы рубрик "Обмен опытом" и "Дополнение к напечатанному" ("Наша консультация", "Обратите внимание") включены в соответствующие тематические разделы содержания.

Уважаемые читатели! 1 4
Э. Т. Кренкелю — 120 лет! **Е. Суховерхов** 2 1
Радио — важнейшее средство управления страной. **Ю. Маримонт** ..... 6 4, 2-я с. обл.

Журналу "Радио" — 100 лет! 8 4

ИЗ ИСТОРИИ РАДИО

Стержневые радиолампы и их применение в технике связи. **С. Богатенков** 2 26
Торговые знаки заводов-изготовителей радиоламп СССР и России. **С. Богатенков** 3 33
Из истории радиоэлектроники. Через тернии — к микросхемам. Часть 5. Серии цифровых микросхем. **А. Чечнев** 4 32
5 27
Из истории радиоэлектроники. "Электроника видео-82". **А. Чечнев** 9 33

Дополнения к статьям

Чечнев А. Из истории радиоэлектроники. "Электроника видео-82" ("Радио", 2024, № 9, с. 33—40). Ошибка в тексте статьи. 10 14

НАУКА И ТЕХНИКА

Всемирная конференция радиосвязи WCR'2023. **А. Голышко** 1 5
Радиоинтерферометрия дальнего космоса. **В. Серопегин** 1 8
К "вещам" — через космос. **А. Голышко** 2 4
CES'2024: искусственный интеллект — уже везде. **А. Голышко** 3 4
Высоко сижу, далеко гляжу... **А. Голышко** 4 4
MWC 2024: взгляд издалека. **А. Голышко** 5 4
IoV: союз авто и прочих вещей. **А. Голышко** 6 6
"Семейные" инновации Wi-Fi. **А. Голышко** 7 4
"Голубой зуб" над голубой планетой. **А. Голышко** 8 8
PoC — цифровые "наездники". **А. Голышко** 9 4
О суверенном Интернете. **А. Голышко** 10 4
Протоинтернет. **А. Голышко** 11 4
Антенные решения 6G. **А. Голышко** 12 4

Мировые производители микросхем. К 55-летию компании Samsung Electronics. Становление, 1960—1990 годы. **Ю. Петропавловский** ..... 5 8, 2-я с. обл.
6 9
Geely запускает спутники. **Л. Клэри** 5 11

ВЫСТАВКИ

CES'2024: искусственный интеллект — уже везде. **А. Голышко** 3 4
MWC 2024: взгляд издалека. **А. Голышко** 5 4
Связь. 36-я Международная выставка "Информационные и коммуникационные технологии" 6 1
ExpoElectronica. Международная выставка электроники 6 3
"Музыка Москва 2024" и Light + Audio Tec 2024. **Э. Элинс** ..... 11 1, 24, 2-я с. обл.

ВИДЕОТЕХНИКА

Приставка-разветвитель входов старого телевизора. **А. Шумилов** 4 31

РАДИОПРИЁМ

Новости вещания. **В. Шептухин** 1 12
см. также 2—7, 3—7, 4—8, 5—12, 6—12, 7—7, 8—19, 9—8, 10—7, 11—8, 12—7
Встраиваемый УКВ-приёмник Radiofix. **М. Ткачук** 3 9
Универсальный УКВ-блок для радиоприёмников "Океан"/Selena. **Х. Лохни** 5 14

Универсальный УКВ-блок для радиоприёмников "Океан"/Selena. Монтаж и налаживание. **Х. Лохни** 6 13
УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 1. **Х. Лохни** 7 9
УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 2. **Х. Лохни** 8 11
УКВ-блок с увеличенным динамическим диапазоном для радиоприёмников "Океан" и Selena. Часть 3. **Х. Лохни** 9 21
КВ-радиоприёмник "Меркурий". **С. Долганов** . . . . . 9 11, 3-я с. обл.

Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 1. **Х. Лохни** 11 9
Электронные компоненты для доработки и обновления полупроводниковых радиоприёмников выпуска 1970—1990 гг. Часть 2. **Х. Лохни** 12 9

ЗВУКОТЕХНИКА

Высококачественные цифровые источники звука. **Д. Панкратьев** 1 23
2 9
3 13

Доработка AC Sven и USB-розетка. **А. Степанов** 1 31
Беседы о звуке. **С. Мишенков** 3 19
4 9
5 22
6 22

Усовершенствованный УМЗЧ на основе двух LM4780TA в мостовом включении. **А. Кузьминов** 3 25
4 14

Двухканальный индикатор уровня звукового сигнала. **А. Кузьминов** 7 15
Доработка AC SVEN SPS-606 для работы с радиомикрофоном. **А. Паньшин** 7 23
Вариант маломощного усилителя для головных телефонов. **А. Шумилов** 9 40
Perpetuum Ebner, или о доработке проигрывателей на основе Unitra G-60X. **А. Гурский** 10 9
Самодельный двухкассетный магнитофон-приставка. **Э. Адигамов** 12 28

ИЗМЕРЕНИЯ

Генератор синусоидальных сигналов низких частот. **Н. Шиянов** 1 32
Частотомер на Arduino pro mini (ATmega168). **С. Сидоренко** 1 35
Усовершенствование частотомера на Arduino pro mini (ATmega168). **С. Сидоренко** 3 48
Повышение устойчивости работы частотомера на Arduino pro mini. **С. Сидоренко** 4 44
Измерение тока зарядки Li-ion аккумуляторов. **А. Паньшин** 2 32
НЧ-генератор синусоидального сигнала с фиксированными частотами и малыми искажениями. **А. Корнев** 2 33
Стенд для оперативной проверки БТИЗ и МОП-транзисторов. **С. Рычихин** 2 34
Устройство для проверки светодиодов, светодиодных матриц и стабилитронов. **Д. Красносельский** 5 31
Стенд для проверки ЖКИ-модулей на базе контроллера HD44780. **В. Суров** 5 33
Приставки к мультиметру для измерения малых сопротивлений. **С. Семихатский** 5 35
Вольтметр из миллиомметра. **С. Бирюков** 5 37
Миллиомметр. **А. Моисеев** 7 25
Настольный вольтметр 4½ разряда. **С. Бирюков** 8 29
Лабораторный генератор на модуле Si5351. **С. Сидоренко** 10 37
Доработка миллиомметра на базе мультиметра. **А. Староверов** 11 28
Амплитудный модулятор для генератора ЗЧ. **И. Нечаев** 11 29
Доработка многофункционального измерителя RLC. **А. Дымов** 11 32
Автономный активный НЧ-щуп для осциллографа. **И. Нечаев** 12 39

МИКРОПРОЦЕССОРНАЯ ТЕХНИКА

Подключение 7" TFT-дисплея с параллельным интерфейсом к модулю ESP32. **В. Киба** 10 33

РЕТРО

Устройство плавного пуска электроинструмента. **К. Мороз** 11 33
Автомат плавного пуска коллекторных электродвигателей. **С. Бирюков** 11 34
Устройство плавного пуска электроинструмента. **В. Келехсашвили** 11 37
Устройство плавного пуска асинхронного двигателя. **П. Галашевский** 11 39
Тиристорные регуляторы напряжения... . . . . 11 41
...с амплитуднофазовым управлением. **И. Чушанок** 11 41
...с фазоимпульсным управлением. **Е. Фурманский** 11 41
...с аналогом однопереходного транзистора. **В. Попович** 11 42
...на симисторе. **В. Пономаренко, В. Фролов** 11 42
...с улучшенной регулировочной характеристикой. **В. Крылов, В. Лапшин** 11 42
...со стабилизацией выходного напряжения. **В. Крылов, В. Лапшин** 11 42

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Музыкальный инструмент Sensor Ton. **А. Носовец** 1 14

РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ

Вторая "жизнь" "мышки". **А. Шумилов**. 2 36
ПИД-регулятор на Arduino в преобразователе напряжения. **Д. Конотоп**. 8 21
Температурная стабильность источников образцового напряжения. **С. Бирюков** 10 30
Конвертер файлов Sprint-Layout—Autocad. **В. Рубашка** 12 24

Дополнения к статьям

Суров В. Триггерная "кнопка" с функцией памяти состояния ("Радио", 2023, № 9, с. 51). Печатная плата 3 50

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

Импульсный инверторный паяльник. **Е. Герасимов** 4 28
Вторая жизнь паяльника паяльной станции Lukey 902. **М. Озолин** 6 46
Печатная плата из фольгированного полиимида. **А. Вовк** 11 19

РЕМОНТ

Ремонт автомобильного запускающего устройства. **С. Бирюков** 1 49
Ремонт детского музыкального синтезатора. **И. Андрианов** 2 29
Ремонт индукционной плиты Kitfort KT-109. **И. Нечаев**. 2 30
Доработка стиральной машины Samsung. **Е. Герасимов** 3 40
Ремонт электроточилки для ногтей. **А. Шумилов** 6 48
Опыт ремонта ЖК-телевизора Samsung UE42F5000AK. **И. Подушкин** 11 25
Случай ремонта беспроводной компьютерной мыши. **А. Паньшин** 11 27

Дополнения к статьям

Бирюков С. Ремонт автомобильного запускающего устройства ("Радио", 2024, № 1, с. 49, 50). Ошибка в тексте статьи 3 50

ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

Доработки налобного светодиодного аккумуляторного фонаря. **И. Нечаев** 1 37
Доработка светодиодного аккумуляторного фонаря с сетевым зарядным устройством. **И. Нечаев**. 5 40
Громкоговорящее многоканальное симплексное переговорное устройство. **Ю. Исаев** 1 40
Доработка бензинового электрогенератора Huter DY6500LX. **В. Киба** 1 42
Сигнализатор довзрывоопасных концентраций. **А. Вовк** 1 45
Индикатор уровня воды. **С. Бирюков**. 2 39
Датчик погасания пламени. **А. Вовк** 2 41
Доработка стиральной машины Samsung. **Е. Герасимов** 3 40
Шифратор и дешифратор пропорционально-дискретных команд для многоканальной системы дистанционного управления моделями. **О. Ильин**. 3 42
4 37
Автономное охранное устройство-2. **С. Семихатский**. 4 35
Повышение надёжности "вечной" лампы. **А. Шумилов** 5 42
Расширение возможностей простого барографа. **С. Свечихин**. 5 43
Светоизлучающие элементы для светофора. **С. Рычихин** 5 46
Устройство управления электроприводами байпаса. **С. Гуреев**. 5 49
6 39
Компактный индикатор радиоизлучений ВЧ-СВЧ. **И. Нечаев**. 6 41
Гармоничное "тик-так" для электронных часов. **В. Рубашка** 6 44
Сенсорный автомат-таймер для кухонного освещения. **В. Пышнов**. 7 34
ПЛК для бытовой автоматики — Ethernet и внешнее управление. **И. Решетников** 7 36
9 46
Бортовой подкал для калильной свечи модельного двигателя внутреннего сгорания. **О. Ильин** 7 40
Приставка к мультиметру для измерения температуры. **С. Семихатский** 7 43
Расширение возможностей простого USB-тестера. **И. Нечаев** 8 38
Прозвонка на ионисторе. **С. Рычихин** 8 41
Суточный таймер "Четвертак". **В. Рубашка**. 8 44
Бесконтактный прерыватель нагрузки. **В. Каплун**. 8 49
ВЧ-СВЧ-индикатор радиоизлучений в мультиметре. **И. Нечаев** 9 43
Автоматические аварийные светильники. **И. Нечаев** 10 39
Устройство контроля монтажа жгутов и многожильных кабелей. **В. Хохлов**, **И. Марфин** 10 42
Магнитный датчик (энкодер) AS5600 в цифровом сервоприводе RDS3225. **И. Силаев, Т. Радченко, А. Хамикоев**. 10 46
Вариант "многоголосного" имитатора звуков. **А. Шумилов** 10 48
Доработка электронных часов. **С. Глибин**. 11 44
Электронные игры-головоломки "Пятнышки" и "Танграм" на модуле RP2040. **Д. Мамичев** 11 46
Бесконтактный датчик из электретного микрофона и конструкции на его основе-2. **И. Нечаев** 11 49
Звуковой сигнализатор окончания стирки в стиральной машине Beko. **В. Суров** 11 51
Домашний термометр-гигрометр с питанием от аккумулятора. **С. Свечихин**. 12 42
Подключение трёх источников питания к одной нагрузке. **А. Вишневский** 12 44
Часы с обратным отсчётом рабочего времени. **С. Рычихин** 12 46

Дополнения к статьям

Панкратьев Д. Ламповая ЦМУ с ШИ-управлением ("Радио", 2023, № 11, с. 41—44). Печатная плата 3 50
Степанов А., Константинов М. Доработка твердотельного реле и регулятор температуры ("Радио", 2023, № 12, с. 42, 43). Ошибка на схеме рис. 3 . . . . . 3 50

ЭЛЕКТРОНИКА ЗА РУЛЁМ

Ремонт автомобильного запускающего устройства. **С. Бирюков** 1 49
Индикатор степени заряженности автомобильной аккумуляторной батареи. **И. Подушкин**. 10 36
Программируемый задний велосипедный фонарь. **Ю. Рябчук, Л. Нефедьева** 11 53

Дополнения к статьям

Бирюков С. Ремонт автомобильного запускающего устройства ("Радио", 2024, № 1, с. 49, 50). Ошибка в тексте статьи 3 50

РАДИО® Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru

ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ

Регулируемый стабилизатор тока 0...6 А. **С. Семихатский** . . . 2 17
Лабораторный блок питания с функцией зарядки аккумуляторов. **В. Киба** . . . 2 19
Регулируемый стабилизатор напряжения/тока для лабораторного блока питания. **С. Семихатский** . . . 3 35
Дроссели для импульсных источников питания на ферритовых Ш-образных магнитопроводах. **С. Бирюков** . . . 3 38
Стабилизированный ионисторный блок питания для накала стержневых ламп. **Д. Панкратьев** . . . 4 23
Разрядное устройство — приставка к эквиваленту нагрузки. **С. Бирюков** . . . 4 25
Универсальный лабораторный блок питания. **В. Киба** . . . 6 27
Зарядное устройство с асимметричным током. **В. Калашник** . . . 7 26
Прецизионный источник напряжения. **С. Бирюков** . . . 7 28
Автогенераторный импульсный понижающий стабилизатор напряжения. **В. Каплун** . . . 7 29
Регулируемый линейный БП. **А. Пурынычев** . . . 7 31
Стабилизатор напряжения в корпусе батареи 6F22. **А. Паньшин** . . . 8 33
Лабораторный блок питания. **Н. Салимов** . . . 8 35
Сетевой ступенчатый стабилизатор переменного напряжения. **В. Кравцов** . . . 9 27
Универсальная комбинированная электронная нагрузка. **С. Семихатский** . . . 9 30
Усовершенствованный стабилизированный источник питания на ОУ и мощном полевом транзисторе/IGBT с токовой защитой и низким уровнем пульсаций. **А. Кузьминов** . . . 10 14
Доработка ЛАТРа. **Г. Басов** . . . 10 23
Стабилизированный блок питания лампового УМЗЧ с защитой от превышения выходных напряжений. **С. Семихатский** . . . 10 24

"РАДИО" — О СВЯЗИ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

MFJ-4402 для защиты мобильного трансивера. **Л. Клэри** . . . 1 53
Э. Т. Кренкелю — 120 лет! **Е. Суховерхов** . . . 2 1
"Италия" — Умберто Нобиле — Николай Шмидт". К 95-летию спасения полярной экспедиции Умберто Нобиле. **Д. Воронин** . . . 2 45, 2-я с. обл.
Саленто — земля солнца, ветра и радио. **Л. Клэри** . . . 2 50
57-я ярмарка радиолюбителей Пескары. **Л. Клэри** . . . 3 51, 2-я с. обл.
Анатолий Васильевич Кершаков, или снова о КУБ-4. **М. Каверин** . . . 3 53
Космические связи радиостанции Симферопольского колледжа радиоэлектроники. **Л. Пузанков** . . . 3 57
История радиолюбительства в пилотируемой космонавтике. К 35-летию начала постоянно действующей системы радиолюбительской связи в космосе. **О. Артемьев, С. Самбуров, Е. Шиленков** . . . 4 47, 2-я с. обл.
Коллективная радиостанция RA9MF МБОУ "Павлоградская гимназия им. В. М. Тытаря". **А. Щербина** . . . 7 1, 47, 2-я с. обл.
Активная роль начальника Крымского радиоклуба М. К. Зозули в радиолюбительском движении Крыма. **Л. Пузанков** . . . 7 49
Малая академия наук "Искатель" — старт в науку крымских школьников. **Л. Пузанков** . . . 9 1, 51, 2-я с. обл.
Новые успехи крымчан в спортивной радиопеленгации. **Л. Пузанков** . . . 11 55, 3-я с. обл.

* * *

На любительских диапазонах . . . 1 53

* * *

Молодёжный кубок им. А. С. Попова — 2023 год . . . 1 51, 2-я с. обл.
Мемориал "Память" — 2023 . . . 3 55
"Старый Новый год 2024" — итоги . . . 4 45, 3-я с. обл.
YL-OM CONTEST 2024 — итоги . . . 5 51, 3-я с. обл.
Мемориал А. С. Попова 2024 — итоги . . . 7 45, 3-я с. обл.

* * *

Двухдиапазонная J-антенна 145/435 МГц. **Н. Егошкин** . . . 1 54
Антенный L-тюнер с измерителем КСВ. **Г. Ксенз** . . . 4 51

* * *

Телеграфный тренажёр "GAMMA-PIC". **Е. Мороз** . . . 2 51

"РАДИО" — НАЧИНАЮЩИМ (ЖУРНАЛ В ЖУРНАЛЕ)

Учись играя. Программа для моделирования цифровых устройств Logisim. **К. Желтов** . . . 5 53
Учись играя. Программа для моделирования цифровых устройств Logisim. Часть 2. **К. Желтов** . . . 6 51
Учись играя. Игровой автомат "Камень, ножницы, бумага". Часть 1. **К. Желтов** . . . 7 51
Учись играя. Игровой автомат "Камень, ножницы, бумага". Часть 2. **К. Желтов** . . . 8 58
Редакция "Радио" в ОК "Юго-Запад" . . . 8 51

* * *

Говорящий датчик движения. **И. Юсупов** . . . 1 57
Сувенир "Индикатор". **Д. Лекомцев** . . . 1 60
Индикатор радиоактивности с ручным электрогенератором. **Д. Лекомцев** . . . 2 55
Звуковоспроизводящее устройство "Спокойной ночи". **И. Юсупов** . . . 2 58
Металлоискатель для начинающих. **А. Серов** . . . 2 59
Кухонный таймер. **В. Киба** . . . 3 59
Пчелиная дискотека — светодинамическая приставка с управлением от компьютера. **С. Решетников** . . . 4 55
Супервизоры (вольт-детекторы) и конструкции на их основе. **И. Нечаев** . . . 4 56
Искатель скрытой проводки в мультиметре. **И. Нечаев** . . . 5 55
Простые индикаторы остаточной ёмкости гальванических элементов с номинальным напряжением 1,5 В. **И. Подушкин** . . . 6 57

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Пульсации освещённости — на экране смартфона. **И. Нечаев** . . . 7
Стереофонический ламповый УМЗЧ с АС. **М. Костюк** . . . 8
Ремонт и модернизация светодиодного фонаря. **И. Андрианов** . . . 8
Из беспроводных головных телефонов — в мультиметр. **И. Нечаев** . . . 8
Бесконтактный датчик из электретного микрофона и конструкции на его основе. **И. Нечаев** . . . 9
Игрушечный светофор. **С. Бирюков** . . . 9
Вторая жизнь электронного модуля электронно-механических часов-будильников. **И. Нечаев** . . . 10
Доработки малогабаритного налобного светодиодного фонаря Navigator. **И. Нечаев** . . . 11
Доработки модулей зарядки на микросхеме TP4056. **И. Нечаев** . . . 12

* * *

Имитатор различных видов индикации цифр с помощью цветных TFT-дисплеев 1.77" 160×128. **Д. Мамичев** . . . 1
Игрушка-танкетка на колёсах Mecanum. **Д. Мамичев** . . . 3
"Рисуем" на сенсорном TFT-дисплее с помощью Arduino. **Д. Мамичев** . . . 4
Игральные кубики на Arduino Nano. **В. Рубашка** . . . 5
Электронный бейдж на основе модуля дисплея e-Paper 2,13". **Д. Мамичев** . . . 5
Электронные кубики-пазлы на модуле RP2040. **Д. Мамичев** . . . 6
Дистанционное управление игрушкой-танкеткой на колёсах Mecanum. **Д. Мамичев** . . . 7
Макет-модуль графической кнопки-дисплея. **Д. Мамичев** . . . 8
Электронный триптих. **Д. Мамичев** . . . 9
Макет-модуль электронной записки. **Д. Мамичев** . . . 10
Ёлка-гирлянда на светодиодах WS2812B. **Д. Мамичев** . . . 11
"Отрывной" электронный календарь на дисплее e-paper 4.2". **Д. Мамичев** . . . 12

* * *

Викторина "Микрокомпьютеры Raspberry Pi". **Р. Сергеенко** . . . 1
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Raspberry Pi". **Р. Сергеенко** . . . 2
Викторина "Микрокомпьютеры Orange Pi". **Р. Сергеенко** . . . 3
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Orange Pi". **Р. Сергеенко** . . . 4
Викторина "Микрокомпьютеры Banana Pi". **Р. Сергеенко** . . . 5
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Banana Pi". **Р. Сергеенко** . . . 6
Викторина "Микрокомпьютеры NanoPi". **Р. Сергеенко** . . . 7
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры NanoPi". **Р. Сергеенко** . . . 8
Викторина "Микрокомпьютеры ODROID". **Р. Сергеенко** . . . 9
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры ODROID". **Р. Сергеенко** . . . 10
Викторина "Микрокомпьютеры Lichee". **Р. Сергеенко** . . . 11
Ответы на викторину "Микрокомпьютеры Lichee". **Р. Сергеенко** . . . 12

НА КНИЖНОЙ ПОЛКЕ

Бабаян П. В., Муравьев В. С., Смирнов С. А., Стротов В. В. Обработка изображений в системах обнаружения и сопровождения объектов. Классические методы. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024 . . . 12 — 38

Баранов А. В., Привер Э. Л. Пассивные цепи с распределёнными и сосредоточенными параметрами. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 2 — 16

Горбунов Ю. Н., Тимошенко П. И. Стохастическая радиолокация. Основы теории и расчётов/Под. ред. профессора Ю. Н. Горбунова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 10 — 50

Деулин Е. А. Основы инженерного изобретательства. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 9 — 20

Дмитриев В. Т. Сети связи. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 12 — 50

Захаркин С. В., Иванов В. А., Конышев М. Ю., Шишкин Н. В. Мобильные системы связи. Учебное пособие для вузов/ С. В. Захаркин, В. А. Иванов, М. Ю. Конышев и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 7 — 27

Киреев М. А. Проектирование и расчёт узлов источников вторичного электропитания. — М.: Горячая линия — Телеком, 2024 . . . 11 — 7

Майков К. А., Пылькин А. Н., Соколова Ю. С. и др. Программирование на языке Python. Сложные типы и конструкции. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2022 . . . 11 — 54

Нетес В. А. Ethernet операторского класса. Учебное пособие для вузов. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 8 — 49

Новиков А. И., Пронькин А. В. Методы цифровой обработки изображений подстилающей поверхности. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 3 — 12

Полянский А. М., Сомов А. М., Клюев Д. С., Кабетов Р. В. Теория электромагнитного поля и распространение радиоволн. Учебное пособие для вузов/И. С. Полянский, А. М. Сомов, Д. С. Клюев и др.; Под редакцией д-ра техн. наук, проф. А. М. Сомова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 4 — 44

Портнов Э. Л., Колесников О. В., Сенявский А. Л., Хромой Б. П. Волоконная оптика и измерения в телекоммуникационных системах. Учебное пособие для вузов/ Э. Л. Портнов, О. В. Колесников, А. Л. Сенявский и др. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 8 — 41

Соловьев В. В. Язык SystemVerilog для моделирования. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 9 — 26

Тадеусевич Р. Архипелаг искусственного интеллекта/Перевод с польск. И. Д. Рудинского. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 4 — 30

Хмельков А. Н., Минеев В. А. Помехоустойчивое кодирование в цифровых системах связи. Учебное пособие для вузов/ Под научн. ред. д-ра техн. наук, проф. А. М. Сомова. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 4 — 27

Чикунов И. Е. Монетизация знаний: как стать научным писателем. — М.: Горячая линия — Телеком, 2023 . . . 10 — 45

Редакторы: ***И. Нечаев*** ("Из истории радио", "Наука и техника", "Выставки", "Радиоприём", "Звукотехника", "Измерения", "Микропроцессорная техника", "Радиолюбителю-конструктору", "Ремонт", "Электромузыкальные инструменты", "Прикладная электроника", "Электроника за рулём", "Источники питания", "Наша консультация", "Радио" — о связи"), ***Н. Нечаева*** ("Радио" — начинающим", "Прикладная электроника"), ***В. Чуднов*** ("Наука и техника", "Видеотехника", "Выставки", "Звукотехника", "Радиоприём", "Измерения", "Источники питания", "Радиолюбителю-конструктору", "Радиолюбительская технология", "Ремонт", "Прикладная электроника", "Электроника за рулём", "Радио" — о связи", "Радио" — начинающим").

В оформлении журнала участвовали ***Е. Герасимова***, ***В. Мусияка***.

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

ЖУРНАЛ
РАДИО
АУДИО • ВИДЕО • СВЯЗЬ • ЭЛЕКТРОНИКА • КОМПЬЮТЕРЫ

Получатель АНО "Редакция журнала "Радио"
ИНН 7708187140,
р/с 40703810538090108833 в ПАО Сбербанк г. Москва,
К/с 30101810400000000225, БИК 044525225.
КПП 770201001

Цена одного номера журнала в 2025 году (с 1-го по 6-й номер) при покупке в редакции — 520 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для индивидуальных подписчиков России — 3840 руб., для индивидуальных подписчиков из стран зарубежья — 6000 руб.

Стоимость полугодовой подписки с рассылкой из редакции (адресная рассылка) для юридических лиц из России — 4080 руб.

Телефон для связи (495) 607-87-39

На бланке напишите, за какие журналы Вы переводите деньги и укажите свой точный адрес (с почтовым индексом). После того как деньги поступят на расчётный счёт, мы отправим Вам журналы. Наложенным платежом редакция журналы не высылает!

Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			В Россию	В остальные страны
2021	11—12	250 руб.	350 руб.	800 руб.
2022	1—12	300 руб.	400 руб.	800 руб.
2023	2—12	470 руб.	570 руб.	800 руб.
2024	1—12	490 руб.	600 руб.	900 руб.
2025	1—6	520 руб.	640 руб.	1000 руб.

Подписные индексы журнала по каталогам:
Официальный каталог Почты России П4014;
КАТАЛОГ РОССИЙСКОЙ ПРЕССЫ 89032

Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2025 год, а также 2024, 2023, 2022, 2021, 2020, 2019, 2018, 2017, 2016, 2015, 2014, 2013, 2012 на 12 месяцев (1 год).

https://el.radio.ru/

Журнал "Радио" в интернет-магазине ОЗОН

2025

ЯНВАРЬ

Пн		6	13	20	27
Вт		7	14	21	28
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	31
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

ФЕВРАЛЬ

Пн	3	10	17	24	
Вт	4	11	18	25	
Ср	5	12	19	26	
Чт	6	13	20	27	
Пт	7	14	21	28	
Сб	1	8	15	22	
Вс	2	9	16	23	

МАРТ

Пн	3	10	17	24	31
Вт	4	11	18	25	
Ср	5	12	19	26	
Чт	6	13	20	27	
Пт	7	14	21	28	
Сб	1	8	15	22	29
Вс	2	9	16	23	30

АПРЕЛЬ

Пн		7	14	21	28
Вт	1	8	15	22	29
Ср	2	9	16	23	30
Чт	3	10	17	24	
Пт	4	11	18	25	
Сб	5	12	19	26	
Вс	6	13	20	27	

МАЙ

Пн	5	12	19	26	
Вт	6	13	20	27	
Ср	7	14	21	28	
Чт	1	8	15	22	29
Пт	2	9	16	23	30
Сб	3	10	17	24	31
Вс	4	11	18	25	

ИЮНЬ

Пн	2	9	16	23	30
Вт	3	10	17	24	
Ср	4	11	18	25	
Чт	5	12	19	26	
Пт	6	13	20	27	
Сб	7	14	21	28	
Вс	1	8	15	22	29

ИЮЛЬ

Пн		7	14	21	28
Вт	1	8	15	22	29
Ср	2	9	16	23	30
Чт	3	10	17	24	31
Пт	4	11	18	25	
Сб	5	12	19	26	
Вс	6	13	20	27	

АВГУСТ

Пн	4	11	18	25	
Вт	5	12	19	26	
Ср	6	13	20	27	
Чт	7	14	21	28	
Пт	1	8	15	22	29
Сб	2	9	16	23	30
Вс	3	10	17	24	31

СЕНТЯБРЬ

Пн	1	8	15	22	29
Вт	2	9	16	23	30
Ср	3	10	17	24	
Чт	4	11	18	25	
Пт	5	12	19	26	
Сб	6	13	20	27	
Вс	7	14	21	28	

ОКТЯБРЬ

Пн	6	13	20	27	
Вт	7	14	21	28	
Ср	1	8	15	22	29
Чт	2	9	16	23	30
Пт	3	10	17	24	31
Сб	4	11	18	25	
Вс	5	12	19	26	

НОЯБРЬ

Пн	3	10	17	24	
Вт	4	11	18	25	
Ср	5	12	19	26	
Чт	6	13	20	27	
Пт	7	14	21	28	
Сб	1	8	15	22	29
Вс	2	9	16	23	30

ДЕКАБРЬ

Пн	1	8	15	22	29
Вт	2	9	16	23	30
Ср	3	10	17	24	31
Чт	4	11	18	25	
Пт	5	12	19	26	
Сб	6	13	20	27	
Вс	7	14	21	28	

www.radio.ru ref@radio.ru